

Recherche interdisciplinaire pour le développement durable

Application à différentes thématiques de territoire

et la biodiversité des espaces ruraux malgaches

Direction scientifique
Hervé Duchaufour

Editeurs scientifiques
Tantely Razafimbelo-Andriamifidy
Jacqueline Rakotoarisoa
Bruno Ramamonjisoa
Rakotondravao





Recherche interdisciplinaire pour le développement durable

Application à différentes thématiques de territoire

et la biodiversité des espaces ruraux malgaches

Direction scientifique

Hervé Duchaufour

Editeurs scientifiques

Tantely Razafimbelo-Andriamifidy

Jacqueline Rakotoarisoa

Bruno Ramamonjisoa

Rakotondravao

Antananarivo 2016



Mise au point des manuscrits et mise aux normes de la collection PARRUR

Hervé DUCHAUFOUR

Graphisme

Arsène Andriantsiferana, GROOVY ARTISTIK

Référence de l'ouvrage pour citation

DUCHAUFOUR H., RAZAFIMBELO T., RAKOTOARISOA J., RAMAMONJISOA B. et RAKOTONDRAVAO (Editeurs Scientifiques) - (2016) : Recherche interdisciplinaire pour le développement durable et la biodiversité des espaces ruraux malgaches. Application à différentes thématiques de territoire. Actes du projet FSP PARRUR « Partenariat et Recherche dans le secteur RURAl ». Antananarivo SCAC/PARRUR, Ed. MYE, 400 pages



Fiarovana amin'ny riaka / La lutte contre l'érosion

© PARRUR, 2016

ISBN : 000-0-0000-0000-0

Préface

Dr Claudine RAMIARISON

Directeur Général de la Recherche Scientifique

Des collectifs de recherche pour pérenniser les agroécosystèmes

La redynamisation de la recherche est au centre des préoccupations à Madagascar depuis ces dernières années. L'adaptation et le renouvellement de ses outils et méthodes face au contexte dans lequel elle évolue, sont indispensables afin d'améliorer les performances et lui permettre de prendre sa place dans le paysage économique et social du pays. La recherche a été marquée par d'importantes évolutions visant à lui donner plus de lisibilité.

Le présent ouvrage s'inscrit dans cette nouvelle dynamique de la R&D à Madagascar apportée par la stratégie nationale de la Recherche adoptée en 2013, ainsi que par les récents plans directeurs de la recherche, plus particulièrement celui portant sur l'agriculture, la sécurité alimentaire et nutritionnelle et, celui traitant de l'environnement et du changement climatique. Il porte sur l'analyse des multiples facettes du développement rural et de l'agriculture malgache, domaines de recherche ayant toujours fait partie des priorités à Madagascar.

C'est un recueil de travaux menés tout au long de ces cinq dernières années, avec le soutien du projet Fonds de Solidarité Prioritaire « Partenariat et Recherche dans le secteur RURAl », sur des thématiques très diversifiées du développement rural. Ces recherches répondent aux enjeux qui sont à la fois naturel, environnemental, économique, social et culturel.

Les besoins de la R&D actuels vont, en effet, au-delà des inventaires et de l'amélioration des connaissances, puisque de plus en plus les attentes de la population tendent vers la satisfaction des besoins économiques et vers une dimension de valorisation des ressources naturelles.

Accroissement de la demande agricole, baisse de la productivité, capacités de résilience face au changement climatique, font partie des enjeux pour lesquels des attentes sont fortement exprimées par la population et auxquels cet ouvrage donne des éléments de réponses. Ce qui le rend d'autant plus pertinents pour les prises de décision dans ce secteur de l'économie nationale.

Les thématiques traitées ont fait appel à des chercheurs d'origine diversifiée, nationaux comme internationaux, regroupés au sein de collectifs créés à cet effet. Elles abordent des sujets d'actualité, tels que les normes et la qualité des produits de rente, les enjeux et impacts du changement climatique, à travers les recherches sur le carbone du sol, les paiements pour les services environnementaux, l'analyse de certaines filières à forte valeur ajoutée ou encore, les problèmes de santé animale. En outre, la relance de certaines productions qui ont fait la renommée de Madagascar, les mécanismes de marché, ont fait l'objet d'études présentées dans cet ouvrage.



Croiser une approche comprehensive des systèmes d'élevage piscicole et leur diagnostic génétique - de l'ambition aux résultats

Combining a comprehensive approach to fish-farming systems with assessment of their genetics - from planning to realization

M. R. OSWALD^{1,7}
 M. RAVAKARIVelo²
 O. MIKOLASEK^{3,7}
 H. RASAMOELINA^{2,4}
 H. de VERDAL³
 B. BENTZ⁷
 E. PEPEY³
 F. COUSSEAU⁵
 M. VANDEPUTTE⁶

(1) ISTOM, 95 094 Cergy, France

(2) DRZV-FOFIFA, 101 Antananarivo, Madagascar

(3) UR Aquaculture et Gestion des Ressources Aquatiques, Dép PerSyst CIRAD-TA B-20/01 Montpellier

(4) COI, Réseau SEGA, Maurice

(5) APDRA, Pisciculture Paysanne, Antsirabe, Madagascar

(6) INRA-Ifremer, 34 250 Palavas les Flots, France

(7) APDRA Pisciculture Paysanne, 91300 Massy, France

Résumé

La carpe est le premier poisson de pisciculture à Madagascar ; sa population est issue d'introductions dont la première date de 1912. Partant d'un souci de recenser les ressources génétiques actuelles de cette espèce d'élevage au niveau national, des poissons de plusieurs bassins versants du milieu naturel et d'éleveurs variés ont été analysés. En parallèle, les producteurs d'alevins ont été enquêtés afin de comprendre si leurs pratiques étaient susceptibles d'avoir conservé des populations avec des caractéristiques spécifiques.

Ce travail montre que la présentation habituelle des différentes variétés ne résiste pas à l'analyse génétique. Un réseau très actif d'écloseries incluant de nombreux producteurs de taille variable et donc un très grand nombre de géniteurs s'est montré en capacité d'entretenir une souche avec une bonne potentialité. Ce vaste réseau de producteurs d'alevins, de tailles différentes, constitue une ressource précieuse pour le développement de cet élevage qu'il convient de mettre en valeur.

Les résultats obtenus sur le tilapia sont présentés en parallèle soulignant l'intérêt de s'interroger sur les ressources génétiques présentes.

Abstract

Carp is the first fish reared in aquaculture in Madagascar; its population is coming from introductions since 1912. With a concern to identify the actual genetic resources of carps at the national level, fish from different watersheds from different natural and reared habitats were analysed. Simultaneously, fry producers inquiries were done to understand if their practices were susceptible to preserve populations with specific characteristics.

This work showed that the classical presentation of the different variety was not supported by the genetic analyses. An active network of hatcheries including different size producers involving a high number of breeders had the capability to maintain a strain with an interesting potential. This broad network of fry producers constitutes a valuable resource for the development of the carp aquaculture, which requires special emphasis.

The results obtained on tilapia are shown in parallel highlighting the interest to consider the available genetic resources.

Contexte dans lequel s'inscrit le projet

Une rizipisciculture déjà ancienne ayant bénéficié de nombreux projets

A Madagascar, des sources citent l'étude de l'intégration de la pisciculture à l'agriculture sous le règne d'Andrianampoinimerina (1794-1810 ; FAO, 2004). Cette hypothèse est plausible au vu des connexions supposées entre l'Indonésie et Madagascar, qui seraient à l'origine du développement précoce de la riziculture irriguée associée à l'émergence du pouvoir méridien (Raison-Jourde et Randrianja, 2002). La pisciculture d'espèces introduites n'est cependant confirmée qu'à partir du début du XX^e siècle. Pour le carassin (*Carassius auratus*), les premières introductions sont datées de 1861 et pour la carpe miroir (*Cyprinus carpio*) de 1912

(Kiener et Therezien, 1958). Sous le régime colonial, la pisciculture a connu un certain essor et, entre 1926 et 1930, le Service des Eaux et Forêts s'est chargé de promouvoir la dispersion de la carpe sur les Hauts Plateaux en procédant, notamment, à l'empoissonnement de la plupart des cours d'eau et retenues (Kiener, 1963). Ce service a aussi établi un premier réseau de stations piscicoles fournissant des alevins. La carpe et le carassin ont alors proliféré dans le milieu naturel et constitué la plus grande partie des pêches. Dès 1954, de premières pratiques de rizipisciculture, maîtrisées spontanément, sont décrites ; certaines témoigneraient d'une pratique de la reproduction de la carpe en étangs et en rizières (Lemasson, 1954).

Dans les années 1950, des tilapias sont introduits, en particulier *Tilapia zillii* en 1953 (Lemasson, 1957) et *Oreochromis niloticus* en 1956 (Kiener, 1963). Une seconde prolifération de ces nouvelles espèces est observée et a dépassé, dans les pêches, la précédente, engendrée par l'introduction des cyprinidés. Cette expansion est venue limiter l'abondance des carpes et de leurs alevins dans de nombreux milieux naturels. La vulgarisation de la pisciculture familiale et la construction de stations piscicoles d'Etat battaient par ailleurs leur plein : 18 000 étangs familiaux produisant du tilapia étaient recensés fin 1956 par Lemasson (1960), puis leur nombre atteignait 40 000 en 1958 (Kiener et Therezien, 1958) et enfin 72 000 en 1959 d'après Lemasson (1964). Le service des Eaux et Forêts faisait une promotion active de la pisciculture, il y aurait même eu des primes distribuées pour la construction d'étangs. La fourniture des alevins était en théorie gratuite mais faisait aussi l'objet d'une redistribution parallèle monnayée (Kiener et Therezien, 1958). Les infrastructures dont disposait le service des Eaux et Forêts étaient conséquentes : 4 stations piscicoles principales, 8 stations secondaires et une cinquantaine de centres d'alevinage (Lemasson, 1964).

Suite à l'Indépendance du pays en 1960, le soutien aux stations publiques va cependant progressivement devenir extrêmement limité et la pisciculture commence à régresser au milieu des années 1960. La politique de l'Etat a visé à renforcer la production agricole par un encadrement technique dense et des schémas largement imposés. Des «chefs de zone» ont ainsi été détachés dans les régions afin de promouvoir le développement de techniques de productions améliorées (Pierre Bernard *et al.*, 2007). Un gros effort de recherche a aussi été fait pour relancer la rizipisciculture, financé notamment par la FAO (Organisation Mondiale de l'Agriculture), mais les résultats sont décrits comme médiocres. Ainsi, en 1985, la pisciculture et la rizipisciculture végétaient et la plupart des stations piscicoles avaient cessé de fonctionner (Kiriloff, 1989).

Dans un objectif d'autosuffisance alimentaire et d'augmentation de la disponibilité en protéines, l'Etat malgache va décider de relancer le secteur avec l'appui du PNUD (Programme des Nations Unies pour le Développement) et de la FAO. De 1985 à 1989, plusieurs projets se sont alors succédé pour vulgariser, auprès des agriculteurs, le grossissement de carpes en rizières puis, à partir de 1989, la FAO a réorienté totalement sa politique de développement de la pisciculture. Face aux mauvais résultats obtenus par les stations gouvernementales à la base de l'approvisionnement en alevins (Ranaivoarijaona, 1992), cette fonction a été transférée à des exploitants privés, mieux à même de rentabiliser l'activité. Ce modèle a rapidement été repris à l'échelle nationale et par la plupart des opérateurs de développement (Andrianaijoana *et al.*, 1992). Cette révision de la stratégie s'inscrivait plus largement dans une nouvelle mouvance tendant à promouvoir l'entrepreneuriat privé, corollaire du cadre des politiques d'ajustement structurel. La FAO a alors promu un nombre restreint de producteurs piscicoles spécialisés, qualifiés de Producteurs Privés d'Alevins (PPA), disposant d'un système technique de référence et encadrés par les services techniques afin de produire des alevins en étang pour approvisionner l'ensemble des pisciculteurs et rizipisciculteurs (Ministère de l'Elevage et des Ressources Halieutiques, 1992 et Van den Berg et Janssen, 1994).

Toutes ces actions de la FAO sont à la base du modèle de pisciculture et rizipisciculture largement connu et diffusé sur l'ensemble du territoire malgache. De façon officielle, les PPA sont aujourd'hui les fournisseurs d'alevins de carpe. Tout au long de cette phase, cette politique sectorielle de la pisciculture vers des opérateurs privés spécialisés s'est accentuée sans qu'elle n'induisse cependant une croissance de la production piscicole continentale. Le prix de l'alevin fourni a eu tendance à s'envoler entre 1992 et 2002 et les quantités livrées par les PPA ont en fait diminué sur cette période (Bentz et Oswald, 2010).

Il y a quelques années, la politique piscicole malgache a été à nouveau revue afin de « privilégier l'aquaculture commerciale orientée vers le marché ». L'objectif clairement annoncé est, à terme, que « la filière de type familial cède petit à petit la place à celle de type commercial » (Refaliarison, 2005).

En 2004, l'APDRA a été surprise de découvrir la maîtrise de la reproduction des carpes par des paysans, en particulier dans la région de Betafo. La réalité de ce système d'élevage, différent et novateur, était alors tue dans les documents officiels concernant la pisciculture. Ces pratiques de reproduction de la carpe au sein même des rizières ne nécessitent pas d'intrant et assurent l'autonomie de chacun pour son approvisionnement en alevins. De plus, les bénéfices de la vente des alevins produits tombent au moment de la soudure. L'intérêt de ce système pour les agriculteurs de Betafo n'est aujourd'hui plus à démontrer (Kollros, 2004). Intéressée par la capacité de cette technique à diversifier les revenus et améliorer la sécurité alimentaire des paysans des Hauts-Plateaux, cette ONG s'est lancée dans sa promotion et s'est intéressée aux raisons de sa faible diffusion. L'étude de la genèse de cette technique a révélé la mise en œuvre d'un processus complexe.

L'innovation rizipiscicole

Cette partie reprend les faits saillants recueillis sur l'innovation piscicole par Bentz et Oswald (2010). Cet article décrit la genèse de la mise au point de la reproduction des carpes en rizières et analyse son processus de diffusion en s'intéressant sur un plan diachronique aux rôles joués respectivement par les producteurs locaux et les institutions de développement nationales et internationales (Figure 1).

Les entretiens semi-directifs réalisés avec des agriculteurs, des pisciculteurs, des techniciens piscicoles, des anciens chargés de projet et l'étude de la bibliographie disponible ont rapidement infirmé l'hypothèse initiale de l'APDRA qui supposait que ce système avait émergé en réaction à la disponibilité de plus en plus faible d'alevins de carpe. Il s'est aussi avéré assez rapidement que les institutions de développement en place avaient participé et soutenu cette innovation. Elle pourrait d'ailleurs être qualifiée de réussite au regard des préoccupations du développement agricole (lutte contre la pauvreté, diversification pérenne des revenus...), bénéficiant d'une forte adhésion de petits producteurs ; curieusement, ce système de rizipisciculture paysanne n'est pourtant pas revendiqué par les institutions officielles du développement, il fait même souvent l'objet d'un rejet.

Histoire particulière de cette innovation sur Betafo

La zone de Betafo est située dans la région du Vakinankaratra, à une vingtaine de kilomètres à l'Ouest de la capitale régionale, Antsirabe. A 1 400 m d'altitude, elle bénéficie d'un climat tropical d'altitude avec deux saisons fortement marquées : une saison froide et sèche d'avril à septembre et une saison chaude et pluvieuse d'octobre à mars. Le peuplement humain est dense et ancien. L'agriculture, basée sur la riziculture irriguée, est très productive et développée de longue date (Bouayad-Agha *et al.*, 1995), elle est restée très dynamique.

Cette zone fait partie des toutes premières repérées pour le développement précoce de l'activité de grossissement de carpes. Kiener (1963) cite Betafo comme l'un des trois premiers lieux d'apparition de la rizipisciculture de la carpe. Dans la zone de Betafo, l'ensemencement en carpes des cours d'eau a été

un succès et de nombreux agriculteurs s'approvisionnaient en alevins du milieu naturel qu'ils mettaient à grossir dans leurs rizières. Ceci était permis par les spécificités du milieu naturel : la régularité des approvisionnements en eau au fil de l'année et une amplitude thermique annuelle importante.

Il est probable qu'à cette époque, l'élevage de la carpe ait été mené conjointement à celui du carassin qui, pour l'ensemble des personnes interrogées, est perçu comme étant « depuis toujours » dans le milieu naturel. Dans la zone de Betafo, Lemasson (1954) évalue à une quinzaine d'hectares la rizipisciculture de la carpe, chiffres voisins des 18 ha de Rabelahatra en 1953 (cité par Dural, 1994) - ce dernier précise qu'ils sont empoissonnés à la fois en carpes et carassins.

La plupart des personnes interrogées font état d'une activité piscicole « traditionnelle » relativement développée dans les années 1950, concernant de petites quantités de poisson destinées uniquement à l'autoconsommation. La pisciculture était alors pratiquée comme suit :

- Au repiquage du riz, les poissons (carpes et/ou carassins, tilapias) étaient introduits dans les rizières mises en eau. Dans la plupart des cas, ces poissons étaient issus de pêches en milieu naturel et un marché existait déjà pour ces alevins ; d'après certaines personnes, des carpes se reproduisaient parfois dans les rizières mais le nombre d'alevins obtenu était très faible ;
- Les poissons étaient mis en grossissement dans les rizières jusqu'à la récolte du riz (mars-avril), voire au-delà. En effet, lorsque l'alimentation en eau des rizières le permettait, la lame d'eau était maintenue dans les parcelles après la récolte, jusqu'au mois de juillet, afin de rendre la terre plus fertile ; les poissons étaient alors eux aussi laissés dans les rizières ;
- Après l'assèchement de la rizière, les poissons qui n'avaient pas été consommés étaient placés dans de petits bassins en terre possédés par les exploitants. Ce stockage durait plusieurs mois, jusqu'au démarrage de la campagne rizicole suivante.

Par ailleurs, depuis la fin des années 1950, un centre d'alevinage fonctionnait à Andepombe, en périphérie de la zone de Betafo, et distribuait des alevins de tilapias et de carpes aux agriculteurs intéressés (Arrignon, 1963). D'après les données disponibles auprès du Service Régional de la Pêche et des Ressources Halieutiques (SRPRH), ce centre était devenu en 1961, une station des Eaux et Forêts comptant 22 étangs. A côté de son activité forestière largement prédominante, il mettait à disposition des alevins de carpe et était un lieu de formation piscicole.

Pour l'activité piscicole, les œufs permettant d'obtenir les carpes étaient produits à Ambatolampy (station piscicole située à environ 130 km de Betafo) et acheminés à Andepombe avant leur éclosion. Les alevins obtenus étaient ensuite vendus aux agriculteurs locaux désireux de pratiquer le grossissement d'une nouvelle variété de carpe, la variété « royale » (Kiener, 1963), dans leurs rizières. D'après certains informateurs, les quantités d'alevins disponibles étaient faibles et cette variété était différente de celles capturées en rivière.

L'ouverture de la station d'Andepombe puis la mise en place des chefs de zone ont conduit les techniciens de la station et les chefs de zone à expliquer aux agriculteurs qui en faisaient la demande, les techniques pouvant leur permettre de produire leurs propres alevins. Le nombre d'apprenants est resté limité du fait de techniques « améliorées » jugées inadaptées par certains, (nécessité de bassins cimentés et d'une maîtrise totale de l'eau, coût élevé de l'aliment préconisé, etc.). De plus, beaucoup vivaient la volonté de l'Etat de moderniser l'agriculture comme une contrainte et la rejetaient. L'accès à l'information et à la formation paraissait aussi réservé à une élite en contact avec les techniciens : familles de notables,

fonctionnaires retraités, proches de techniciens agricoles, etc. Ces personnes disposaient d'un accès privilégié à la connaissance et d'un bon accès au foncier et à l'eau d'irrigation. La volonté de s'afficher comme agriculteur modèle est une raison souvent évoquée pour l'acquisition de ces pratiques d'élevage.

Ces premiers producteurs d'alevins obtenaient avec plus ou moins de succès leurs propres carpes - en rizière ou dans des bassins en terre -, ils n'ont pas été suivis par les autres agriculteurs pratiquant le grossissement de carpes en rizière. A cette même période, les quantités d'alevins de carpe disponibles dans le milieu naturel ont fortement diminué, la cause la plus probable de cet effondrement du stock étant la prolifération des tilapias.

L'apport déterminant de la FAO dans le Vakinankaratra

Vers le début des années 1980, la station d'Andepombe a cessé de fonctionner (Pichon, 1986), ce qui a entraîné la fin de la distribution d'alevins. Ce nouvel environnement modifiait les enjeux liés à la maîtrise de la reproduction de la carpe.

A partir de 1985, pour Kiriloff (1989), la mise en œuvre d'un projet de la FAO (projet MAG/82/014) visant la vulgarisation de la pisciculture a contribué largement à la diffusion de la rizipisciculture auprès des agriculteurs de cette région : 30 vulgarisateurs formés pour la région, 6 000 agriculteurs encadrés et surtout mise en place d'un réseau de distribution d'alevins avec la création de 65 points de vente. Les témoignages recueillis sur le terrain vont même plus loin : dans la zone de Betafo, au vu du niveau élevé en rizipisciculture atteint par certains agriculteurs, les vulgarisateurs et responsables du projet ne se sont pas limités à la diffusion des techniques de grossissement d'alevins - contrairement à ce qui s'est fait dans le reste de la région. Les conseils et démonstrations sur la reproduction des carpes en rizière d'après les techniques mises au point par la FAO - très proches de celles transmises auparavant par les techniciens de la station d'Andepombe - ont été enseignés à des noyaux de pisciculteurs-relais volontaires, chargés de les diffuser. Ces pisciculteurs-relais, tout comme les producteurs d'alevins plus anciens, ont mis ces techniques en pratique en commercialisant leurs propres alevins pour répondre à la demande. Ils ont aussi transmis leur savoir-faire. Le milieu des années 1980 a ainsi été la principale période de diffusion de la pratique de la reproduction de la carpe en rizière. L'innovation s'est largement diffusée dans les sites où l'alimentation en eau des rizières la rendait possible. Le *fokontany*¹ d'Andriamasoandro par exemple a constitué une étape dans l'histoire de cette diffusion avant d'être relayée vers d'autres hameaux. Des dynamiques similaires semblent aussi avoir eu lieu dans les *fokontany* de Vakinifasina, Ambohambo et Miaramamindra ainsi que dans la commune voisine de Mandritsara. Si les innovateurs de cette période étaient toujours des agriculteurs plutôt aisés, disposant d'un bon accès à la terre et à l'eau d'irrigation (nécessité d'un accès à l'eau permanent pour pouvoir effectuer la reproduction dans de bonnes conditions), à la différence de l'époque précédente ces derniers ne faisaient pas partie des élites locales et étaient motivés par les intérêts économiques de l'activité.

Des actions de la FAO puis de l'administration réorientées vers la mise en place des producteurs privés d'alevins (PPA)

La FAO a poursuivi son action à travers un nouveau projet visant à mettre en place des producteurs privés d'alevins de carpe censés remplacer les stations piscicoles pour l'approvisionnement en poisson des rizipisciculteurs (Lardinois, 1992). Dans la zone de Betafo, malgré le fait que la production d'alevins ait été déjà bien développée par les rizipisciculteurs, les justifications étaient une qualité des poissons meilleure avec l'emploi d'une nouvelle variété de carpe miroir originaire de Hongrie, génétiquement « plus

performante » que la carpe locale. Mais le projet s'est achevé en 1992 sans avoir d'impact réel : les producteurs d'alevins en rizière n'ont pas reçu d'appui technique durant ce projet et les PPA mis en place n'ont pas poursuivi longtemps leur activité du fait de la concurrence locale. La FAO a par la suite cessé d'intervenir directement à Betafo.

Après les projets de la FAO, des techniciens du SRPRH² ont entrepris de réinstaller quelques PPA dans la zone de Betafo, toujours sans succès. A lieu de s'intéresser à la dynamique des quelques deux cents producteurs d'alevins de Betafo, les services de l'administration ont alors plutôt entrepris de la discréditer en mettant en avant deux arguments :

- la mauvaise qualité des alevins produits (faible viabilité et faible capacité de croissance liées notamment à une dégénérescence des géniteurs utilisés) ;
- l'interdiction légale de vendre des alevins sans être « agréé » par l'Etat.

Les travaux que l'APDRA a entrepris dans la zone à partir de 2006 ont permis de montrer que ces thèses étaient injustifiées : la qualité des alevins est bonne et les carpes de Betafo présentent une variabilité génétique tout à fait correcte (Guyomard *et al.*, 2008) ; la production d'alevins dans les piscicultures familiales est d'ailleurs légale, la diversification des activités agricoles est en effet l'une des priorités nationales et, au niveau de la région du Vakinankaratra, la pisciculture est envisagée comme une filière porteuse (EPP/PADR, 2006 et Anonyme, 2006).

Cependant, les accusations portées par des agents de l'Etat pendant presque une dizaine d'années ont poussé les producteurs de Betafo à poursuivre leur activité de façon relativement cachée et ont fortement entravé les échanges et l'amélioration des savoir-faire. Les dynamiques faites de tous petits producteurs d'alevins, surtout intégrées à la rizipisciculture, n'ont plus été prises en compte dans les documents officiels. Quelques actions, dont certaines menées par l'APDRA, essayent de réhabiliter ces producteurs auprès des services techniques. Elles y ont fait naître un débat : ceux qui y voient des pisciculteurs à part entière, produisant un poisson dont Madagascar a besoin, s'opposent aux détracteurs de cette réhabilitation.

UNE SITUATION CONFUSE, SOURCE DE QUESTIONS

La situation des pisciculteurs de Betafo illustre bien une certaine confusion autour de la réalité de la pratique de la rizipisciculture et surtout de son approvisionnement en alevins. Certes, les spécificités agricoles de Betafo et la propagation naturelle de la carpe localement sont deux éléments de l'environnement qui ont facilité le développement d'une pisciculture dite « traditionnelle » basée au départ sur l'empoissonnement des rizières au moyen d'alevins capturés dans le milieu naturel. Cette technique s'est ensuite sophistiquée en intégrant la maîtrise de la production d'alevins de carpe par les agriculteurs dans des rizières ou de tout petits étangs. Mais ce processus ne s'est jamais arrêté et son évolution n'est pas décrite avec précision, tout comme sa diffusion spatiale puisque certains villages enclavés ne maîtrisent pas ces techniques. D'autres évolutions similaires à celle de Betafo ont pu exister. Cependant, ces réalités ont été masquées par l'activité des PPA qui sont les interlocuteurs principaux des Directions Régionales de la Pêche et des Ressources Halieutiques (DRPRH) et qui affichent la mise à disposition d'une souche de carpes de qualité supérieure à celles produites en dehors de leur réseau. Les services de la pêche les voyaient comme le seul vecteur d'amélioration de la rizipisciculture.

¹ Subdivision administrative de base, correspondant ici à un ensemble de hameaux ou villages.

² Service Régional de la Pêche et des Ressources Halieutiques.

Cette variété d'élevages allant des écloséries paysannes aux PPA les plus en vue a engendré des perceptions différentes : un rizipisciculteur vantera la qualité des alevins qu'il produit, tandis que le PPA va la décrier préférant mettre en avant la spécificité de sa propre production. Pourtant, nombre de pratiques piscicoles astucieuses ont émergé dans les écloséries paysannes, combinées parfois à des pratiques surprenantes (comme l'attrait du phénotype cuir³). Confrontée à cette situation, l'APDRA a tenté des premiers tests visant à clarifier le débat (comparaison en rizière de carpes issues de PPA ou d'écloséries paysannes) qui n'ont pas apporté d'informations tangibles. Dans un second temps, le travail demandé par l'APDRA à l'INRA⁴ (cf. supra, Guyomard *et al.*, 2008) a en revanche donné des résultats inattendus : les carpes de Betafo présentent une variabilité génétique globalement satisfaisante et constituent une ressource potentielle pour Madagascar. Cette surprise était d'autant plus grande que seules les écloséries paysannes avaient été retenues dans ce premier échantillon.

Dans ce contexte, la première question fondatrice du projet PARRUR a été : quel est le niveau de la ressource génétique présente chez les carpes dans les différents élevages et dans le milieu naturel à Madagascar ? Sa réponse demandait une investigation physique - la nécessité de prélever une grande quantité d'échantillons de nageoires de carpes dans les endroits les plus variés possibles -, mais aussi une investigation plus humaine - comment les pratiques de gestion de la reproduction des carpes et d'entretien des lots de poissons élevés participent-elles à l'entretien de cette variabilité ? Ce premier questionnaire devait conduire à la formulation d'informations plus pratiques : quelles étaient les qualités de la ressource génétique de la carpe commune liée à sa présence à Madagascar et que pouvait-on dire de son devenir ? Cette interrogation a renvoyé à un questionnaire pluridisciplinaire. Dans le champ du social et de la zootechnie, il fallait identifier et comprendre les modalités de la gestion de la reproduction et de l'entretien des stocks de poissons d'élevage, notamment au travers des pratiques effectives, afin de caractériser leurs effets sur la génétique des poissons élevés ; cette analyse a de plus bénéficié de la caractérisation génétique des populations présentes sur Madagascar en élevage et en milieu naturel menée parallèlement.

L'ambition du projet MADAPISCI était donc de répondre aux trois questions qui suivent, à la fois sur la carpe et sur le tilapia :

- Quelle utilisation possible de la ressource constituée par les souches présentes à l'échelle nationale ?
- Quelles recommandations formuler ?
- Sur un plan plus méthodologique, comment l'approche visant à comprendre la gestion des carpes dans des élevages s'enrichit-elle d'une inscription dans une étude approfondie de la génétique des animaux élevés et vice-versa ?

Dans un deuxième temps, des expérimentations étaient envisagées pour préciser ou invalider certaines recommandations possibles.

Pour bien répondre à ce défi, le projet s'est efforcé de fédérer l'ensemble des acteurs impliqués sur ces questions, à savoir le FOFIFA⁵, la DRPRH, le Département de Biologie Animale de l'Université d'Antananarivo, le CIRAD⁶, l'INRA et l'APDRA. Cet article se focalise sur la carpe, des pendants seront établis au moyen d'encadrés pour faire la correspondance avec ce qui se passe sur le tilapia.

³ Pour plus de précision sur le phénotype cuir, se reporter à la figure 13 et au § sur la performance des carpes « cuir » (ci-après).

⁴ Institut National de la Recherche Agronomique, basé en France.

⁵ Centre National de Recherche Appliquée au Développement Rural, basé à Madagascar.

⁶ Centre de coopération internationale en recherche agronomique pour le développement, basé en France.

Revue des systèmes de production d'alevins sur les hauts plateaux

ASPECTS MÉTHODOLOGIQUES

L'objectif de ce volet de l'étude, était de caractériser les pratiques d'un grand nombre d'éleveurs pour comprendre quels étaient les effets de leurs méthodes de gestion de la carpe sur sa génétique en élevage. Cette formulation claire est cependant d'une extrême complexité. Quelles pratiques peut-on observer, mesurer et quels liens peut-on établir entre pratiques et gestion de la génétique ?

« Quelles pratiques peut-on observer ? » est un objectif se heurtant d'emblée à une grande difficulté face au pisciculteur : il est inenvisageable d'observer directement les poissons. L'observation de la pratique de la reproduction serait chronophage : lors de chaque mise en pose, il faudrait pouvoir observer le choix effectif des géniteurs, il resterait ensuite à vérifier lesquels se sont effectivement reproduits puis quelle a été par la suite la carrière des alevins issus de cette (ou ces) reproduction(s) ; si ces alevins sont après mélangés avec ceux d'autres origines, il faudrait alors identifier si ce sont eux qui font partie des survivants, question pas si facile à résoudre... La réalisation d'une vidange, qui serait vraisemblablement très mal acceptée par le pisciculteur, n'est pas toujours faisable et ne constitue pas un mode de recueil des données qui garantit la fourniture de suffisamment d'informations pour comprendre les modalités de gestion de la population de carpes du pisciculteur (en particulier s'il y a eu des empoisonnements à différentes dates et des pêches intermédiaires). De plus, toutes les manipulations sur les poissons génèrent des stress, engendrent de nombreux risques et induisent fréquemment des retards de croissance. Une gestion d'un lot de poissons ou d'un cycle d'étang avec une part d'incertitude peut donc témoigner d'un bon compromis de gestion et d'un réel savoir-faire.

« Quels liens peut-on établir entre pratiques et gestion de la génétique ? » renvoie à des aspects théoriques et pratiques. Dès que les producteurs reproduisent des carpes dans un milieu qui n'est pas le milieu « naturel » et les élèvent, ils participent à l'entretien de populations a priori différentes de celles du milieu naturel (à moins que la souche élevée ne supplante la souche naturelle, ce qui n'est pas le cas ici, cf. *infra*) et à une diminution potentielle de la variabilité de la souche initiale, du fait de l'usage d'un nombre limité de géniteurs. Si le milieu d'élevage participe à la conservation de lignées potentiellement différentes de celles du milieu naturel, les pratiques des pisciculteurs jouent un rôle majeur dans ce processus de conservation d'une diversité. Ces pratiques participent de fait à une sélection sur des critères différents : les poissons choisis pour la vente ou l'autoconsommation ne participeront plus au devenir de la population élevée, tout comme ceux qui ne grossissent pas assez et qui sont écartés lors de l'empoisonnement des cycles de production ; enfin les individus qui ne supporteront pas la manipulation et les conditions précaires du transport, ne participeront pas davantage au devenir de la génétique de la carpe d'élevage. Dans l'ensemble des pratiques à étudier, celles autour de la reproduction sont cruciales. Notamment, comment sélectionne-t-on les géniteurs appelés à se reproduire et quels sont les géniteurs qui vont effectivement se reproduire et transmettre leurs gènes aux futurs poissons élevés ? La seule connaissance des critères de sélection des géniteurs est nécessaire mais elle reste insuffisante puisque tous les géniteurs ne se reproduisent pas forcément, de plus, toutes les reproductions ne sont pas toujours utilisées. Les intentions de choix de critères déclarées par les pisciculteurs correspondent-elles effectivement au processus réel ? Des écarts sont forcés : des femelles non retenues intentionnellement peuvent être jugées plus aptes au moment de la mise en pose car présentant à ce moment là de meilleurs critères de maturité et exceptionnellement substituées à celles initialement choisies. Il ne faut pas non plus oublier les quelques poissons qui sautent

du seau ou glissent entre des mains et rejoignent un lot qui ne leur était pas destiné. Toutes ces réalités soulignent la nécessité, au-delà du recueil des pratiques, de leur analyse. De nombreuses interactions « pratiques - conditions de l'élevage » vont aboutir à une sélection de qualités particulières pour les souches élevées. A une autre échelle, un pisciculteur peut très bien préférer les poissons produits par son voisin ou, à son insu, des poissons d'un élevage voisin - voire du milieu naturel - peuvent aussi s'introduire dans ses lots de poissons. Il y a donc aussi nécessité de s'intéresser à la circulation des poissons au-delà de l'exploitation.

Nous cherchons donc à comprendre les modalités de gestion des carpes dans ces piscicultures en se focalisant sur les pratiques participant à la sélection des carpes élevées. Ceci conduit à la caractérisation des systèmes d'élevage de leurs poissons, question difficile qui offre une grande proximité avec celle du diagnostic des systèmes agropastoraux, particulièrement débattue dans le tournant des années 1990. Landais (1994) définit le système d'élevage comme « un ensemble d'éléments en interaction dynamique organisé par l'homme en vue de valoriser des ressources par l'intermédiaire d'animaux domestiques et pour en tirer des productions variées ou pour un autre objectif. » Landais *et al.* (1987) et Landais (1994) insistent sur la nécessité de comprendre le fonctionnement du troupeau ; c'est-à-dire l'ensemble des animaux élevés à l'échelle de l'exploitation, répartis en lots - sous-unités fonctionnelles avec des objectifs variés au fil des saisons et qui peuvent être élevés sur des sites différents - en vue d'un objectif global unifié. Ils soulignent simultanément la nécessité d'identifier et de « distinguer des niveaux décisionnels hiérarchisés et emboîtés, correspondant à des systèmes d'élevage eux-mêmes définis à des niveaux divers : systèmes d'élevage familiaux, villageois, régionaux ». Ceci a le mérite de donner un angle d'étude complémentaire pour analyser la circulation du poisson à une échelle supérieure de celle de la pisciculture, ici pris dans le sens de l'ensemble des installations du producteur pour produire son poisson... Les différents papiers cités proposent d'identifier les pratiques à la base de la gestion des élevages, en les regroupant en pratiques d'agrégation, d'exploitation, de conduite, auxquelles Landais (1994) ajoute celles de renouvellement, dans lesquelles figurent celles de reproduction, et celles de valorisation. Mais les pratiques sont aussi le plus souvent liées, interdépendantes et l'identification de « systèmes de pratiques », c'est-à-dire les liens rationnels et fonctionnels entre elles, s'avèrent souvent plus précieux que leurs simples descriptions. Ces différents auteurs s'accordent donc sur l'utilité de la compréhension de la représentation de ces pratiques par l'éleveur et donc par le pisciculteur. Ils s'accordent aussi sur la nécessaire prise en compte des cycles d'élevage, qui doit être associée à la description de la carrière du poisson, pour notre propos dans la pisciculture. Enfin, ils considèrent que l'analyse historique avec, en conséquence, les aspirations de changements proposées par les éleveurs est une entrée très utile. Ces auteurs insistent simultanément sur la nécessité de se centrer sur les modalités de la gestion de leur système d'élevage, compte tenu de la maîtrise limitée qu'ils peuvent exercer au vu des caractéristiques de l'environnement. Au final, le diagnostic consiste à recueillir les relations entre les pratiques des acteurs pour piloter les systèmes étudiés. Landais (1994) insiste sur la nécessité de prendre en compte le système dans sa globalité ; à cette fin, il propose de faire ressortir les caractéristiques des interactions du système qu'il lie au pilotage de ce dernier en notant la différence entre les pratiques et les représentations, ces deuxièmes étant des schémas explicatifs de la rationalité de la conduite des premières. Accessoirement, il note qu'une somme de variables de ces systèmes n'a que peu de chance de constituer une base fiable pour élaborer une typologie fonctionnelle de ces systèmes⁷... et donc de leurs modes de gestion.

⁷ « Le problème majeur est de maîtriser les passages d'un niveau à un autre en évitant l'écueil du réductionnisme, qui consiste à penser que les propriétés d'un système peuvent se déduire de celles de ses composants » (Landais, 1994).

Ce diagnostic, enfin, bénéficie d'une relecture qui consiste à analyser la place de l'activité d'élevage au sein de l'ensemble des activités du pisciculteur. La présente étude s'inscrit tout à fait dans l'objectif de ces démarches qui, en s'intéressant aux acteurs, aux animaux et à leur ressources, en comprenant les interrelations entre ces éléments découlant de leurs exigences et de leur gestion, visent à formuler des recommandations pratiques d'amélioration (Landais, 1992). Les auteurs précédemment cités soulignent le besoin d'identifier des indicateurs de leur fonctionnement.

L'étude a donc classiquement opté pour une posture compréhensive où, couplé aux quelques observations de terrain recueillies, il était demandé à chaque pisciculteur enquêté de présenter : sa façon de conduire ses cycles d'élevage dans les différents milieux gérés au fil de l'année (étangs, rizières), sa gestion de son élevage et son appréciation des résultats atteints.

Le choix méthodologique a été celui d'une approche légère, par enquêtes cherchant à couvrir le plus grand nombre de situations différentes possibles : seules des données produites lors d'entretiens où le pisciculteur construit une représentation de son activité répondant aux attentes de l'enquêteur ont donc été recueillies. Au fil des entretiens, s'est posée la question de la posture de l'enquêteur et du producteur : en effet, les mêmes producteurs ont produit des discours différents selon qu'on leur demandait : « Quelle est votre gestion de la génétique de la carpe ? » ou « Où sont passés les géniteurs de l'année précédente ? Combien ont été stockés ? Comment s'est opéré, à cette étape, le choix ? ». La première formulation conduisait à une restitution des discours normés et adaptés de la FAO - relayés par les DRPRH principalement - ou de l'APDRA. La seconde formulation révélait une réalité plus complexe, et, au fil du déroulement du travail, elle a été préférée.

Le terrain d'enquête couvrait les régions initialement présentes dans le projet MADAPISCI (Analamanga, Itasy, Haute Matsiatra, Vakinankaratra), auxquelles ont été rajoutées l'Analanjiroro et l'Amoron'i Mania. L'étude s'est déroulée de mi-juin à mi-août 2012. Au total, 207 exploitations piscicoles ont été visitées, 131 producteurs d'alevins, 52 grossisseurs de carpes et 4 pêcheurs ont été enquêtés. Si, parfois, certains entretiens se sont déroulés en plusieurs étapes, la plupart ont eu lieu en un seul passage. L'équipe d'enquête était toujours à minima constituée d'un binôme français-malgache (Teriipaia *et al.*, 2013). La carte de la Figure 2 montre l'étendue couverte, chaque point correspondant aux positions GPS recueillies et vérifiées où un entretien avec un pisciculteur a été conduit en même temps qu'un prélèvement des échantillons de nageoires de ses géniteurs. Afin de restituer la diversité des 131 producteurs d'alevins rencontrés, les résultats ont été organisés en une typologie basée sur les objectifs et les modalités de gestion des producteurs, ceux-ci pouvant être influencés par leur environnement ou celui de leur production.

RÉSULTATS : TYPOLOGIE DES PRODUCTEURS D'ALEVINS

Comme attendu, les enquêtes ont vérifié une très grande diversité de situations. Nous avons donc choisi de représenter la diversité analysée par un exposé de types regroupant des élevages piscicoles avec des organisations similaires et des modalités de gestion voisines. Le souci de cette typologie est de présenter quelques fonctionnements cohérents au sein d'une grande diversité de situations. Si l'on tient compte de leur dynamique, toutes les exploitations ne correspondent pas forcément à un type mais ces types expliquent le fonctionnement de la plupart des exploitations rencontrées. Deux éléments paraissent, au premier abord, surdéterminants : le processus d'installation de la pisciculture et le degré d'enclavement. Ces deux éléments font écho à deux voies d'installation des pisciculteurs : le plus fréquent correspond à un souci de diversifier son exploitation agricole : on se débrouille en fonction des conseils glanés, des ressources locales pour

élever ses poissons ; le second traduit le souci d'appliquer un système technique préconisé par des projets ou des administrations, voire de reprendre un site déjà installé dans ce cadre. Le processus d'installation et le niveau d'enclavement ont servi de fil conducteur à Teriipaia *et al.*, (2013) pour la construction de la typologie qui est reprise ici. Nous verrons cependant que ces deux éléments renseignent au final assez peu sur les modalités de gestion effective de ces exploitations et leurs logiques de fonctionnement.

Type 1 : PPA en étroite collaboration avec les agents des DRPRH (10 producteurs rencontrés)

Ils correspondent aux PPA modèles, tels qu'ils sont présentés dans les documents officiels ou de la FAO. Ils bénéficient de la caution de la DRPRH qui donne une certaine renommée à leurs produits. Ces producteurs sont parfois issus du milieu non agricole, on trouve pas mal de fonctionnaires parmi lesquels beaucoup ont eu une expérience antérieure de techniciens dans les anciennes piscicultures étatiques. La pisciculture de carpes est leur première source de revenus même si, lorsqu'ils sont agriculteurs, leur exploitation est souvent diversifiée (élevage bovin, porcs, maraîchage, arbres fruitiers, etc.). Beaucoup sont âgés et les modalités de leur renouvellement sont difficiles à envisager.

Ces producteurs sont à l'origine des plus gros volumes de production d'alevins : plus de 100 000 par an et par exploitation. La gamme des produits commercialisés est différenciée : alevins, pré-géniteurs, géniteurs. Ils élèvent d'autres poissons comme le tilapia. Le nombre d'alevins vendus les poussent à avoir recours à l'achat d'alevins auprès d'autres PPA - voire auprès de petits producteurs - lorsque leur production est insuffisante. Ils entretiennent des liens avec d'autres producteurs d'alevins de tous types qu'ils ont parfois encouragés à s'installer. Certains développent aussi des activités de formation, des prestations de services (conseil pour la reproduction, le grossissement, l'aménagement de bassins) valorisant leurs savoir-faire reconnus. Ce sont aussi les premiers mobilisés pour l'envoi ou la réception de poissons avec les autres régions et ils sont donc souvent impliqués dans des échanges de poissons sur de longues distances. Ils travaillent le plus souvent sur commande.

Ces producteurs ont des étangs de qualité, la surface en eau est parmi les plus importantes (beaucoup de fermes ont plus de 40 ares d'étangs en eau, les plus gros PPA peuvent avoir plus d'un hectare de petits étangs). Pour la reproduction, à la fin de la saison des pluies, les géniteurs des deux sexes sont stockés séparément jusqu'à la période de reproduction ou de « mise en pose » ; celle-ci est réalisée au début du retour de la mousson entre fin septembre et octobre ; les kakabans (supports de ponte artificiels) garnis d'œufs sont ensuite placés dans les étangs dits « d'alevinage » où les alevins sont mis à grossir pendant 1 à 2 mois. Ils sont commercialisés dès que possible, leur poids moyen a tendance à augmenter au fil du temps. Le nombre d'alevins produits par carpe femelle mise en pose est élevé, il est parfois estimé par la quantité d'ovules pondus par femelle ou par l'application de ratios standards.

Ces producteurs ont de l'expérience et une technicité élevée : ils réussissent à étaler la production dans le temps grâce à la maîtrise des pontes précoces et tardives. Ils sont réputés disposer de souches « pures » et en tirent parti, notamment en Itasy où ils sont réputés détenir les souches originelles de carpes. Cependant, le détail des pratiques recueillies montrait une situation où ils pratiquaient en routine des croisements de phénotypes différents. Par exemple, un producteur renommé nous expliquait que pour obtenir des « hongroises » (réputées à bosse et relativement plus écaillées que les royales) pour les clients qui en voulait, il croisait des hongroises avec des « royales » (réputées avec beaucoup moins d'écaillés et plus allongées) ; et, pour obtenir des royales, il croisait des royales avec des royales ou des cuirs (réputées avec très peu d'écaillés). Périodiquement (tous les 4-5 ans au plus), ces producteurs vont chercher des géniteurs à l'extérieur de leurs exploitations. Soucieux de développer l'offre d'alevins de carpes après la période des fortes pluies (en février-mars), plusieurs se montrent très intéressés par la production issue de pontes décalées. Certains déclarent la réussir en jouant sur la température de l'eau ou l'oxygène.

Nombre d'entre eux se sont équipés d'aérateurs à piles, ce qui facilite le transport des poissons vivants sur de longues distances. Ces producteurs ont souvent besoin de main d'œuvre extérieure. Pour leurs poissons, ils utilisent les aliments les plus chers parmi l'ensemble des pisciculteurs.

Type 2 : PPA disposant d'un agrément vis-à-vis de la DRPRH (11 producteurs rencontrés)

Très similaires au groupe précédent, ils ont généralement suivi des parcours équivalents de formation. Ils restent connus de la DRPRH et disposent d'un agrément en bonne et due forme mais ils n'ont pas de caution particulière, ce qui fait que les alevins qu'ils commercialisent sont perçus comme ordinaires (contrairement à ceux du type 1). Leur appartenance au « réseau DRPRH » facilite cependant la commercialisation de leur production, tout particulièrement lors de la mise en place de projets ou dans les zones en manque de débouchés (cas de certains PPA d'Analamanga).

Ces producteurs déclarent généralement aller rechercher quelques géniteurs à l'extérieur au moins tous les 2 ou 3 ans et se mettent, à cette occasion, en relation avec des producteurs des alentours. Ils privilégient alors souvent des phénotypes différents de ceux qu'ils détiennent. Ils ont des échanges réguliers avec les producteurs voisins qui, eux, ne sont pas tous déclarés.

Disposant aussi d'une très bonne technicité, ils réussissent à étaler les pontes. Ils se déclarent eux aussi intéressés par la production d'alevins en dehors de la saison de reproduction. Chez ces producteurs, l'activité de grossissement est plus importante que chez ceux du type 1, même si les recettes de la vente d'alevins restent les plus importantes.

Type 3 : PPA hors « club DRPRH » (13 producteurs rencontrés)

Ces producteurs formés via des projets de développement (FAO, Union européenne) ou comme ceux des types précédents, n'ont jamais été agréés. D'ailleurs, ils n'utilisent pas le réseau DRPRH. Certains s'en sont affranchis, d'autres n'en ont jamais fait partie. Une caractéristique forte est qu'ils sont tous très enclavés géographiquement. Ils sont à l'origine de dynamiques locales de pisciculture qui leur offre un réseau de proximité d'achat-vente. Ce réseau est, pour eux, plus intéressant que celui de la DRPRH, et ils y sont souvent de plus en situation de monopole. L'alevin y est généralement moins cher que dans les réseaux nationaux ; d'autres formes d'échange existent et sont importantes : empoissonnement en rizière avec partage de la récolte par exemple. Ces producteurs entretiennent aussi des relations particulières avec d'autres producteurs d'alevins : formation, échanges de géniteurs. Cependant, du fait de leur isolement fort, plusieurs exploitations enquêtées de ce type n'avaient pas échangé de géniteurs depuis une dizaine d'années.

La technicité et l'expérience de ces producteurs sont comparables à celles des autres PPA, cependant une part importante de l'alevinage se déroule en rizière. Ces producteurs marquent un intérêt grandissant pour le poisson marchand, notamment lorsque l'alevin est moins rentable comme à Fianarantsoa où le marché de l'alevin est dense. La trésorerie requise pour faire fonctionner ce système piscicole est relativement élevée.

Type 4 : Ecloserie Paysanne (EP) à vocation marchande (17 producteurs concernés)

La trajectoire d'installation de ces exploitations est souvent hybride entre la référence PPA et le côté débrouillard des exploitations piscicoles familiales. Si ces producteurs ont souvent reçu une formation conséquente à l'occasion de relations avec des PPA ou avec d'autres professionnels de la pisciculture (anciens fonctionnaires de station étatique, acteurs de la recherche piscicole, etc.), ils ont aussi bénéficié de

formations dispensées par des projets. Leurs schémas techniques peuvent s'éloigner beaucoup de ceux de la FAO, conséquence de leur souci de s'adapter dans les conditions où ils se trouvent et avec les ressources dont ils disposent. Ils font preuve d'une technicité intéressante, parfois comparables à celle des PPA (maîtrise des pontes précoces et tardives, etc.), et d'une bonne expérience surtout pour les plus anciens.

Chez ces producteurs, la part des revenus piscicoles est importante dans le revenu global. Ils sont spécialisés dans la vente d'alevins. Les quantités vendues sont comparables à celles commercialisées par le type 2. Parfois, ces alevins sont vendus sur de grandes distances grâce à des collecteurs qui assurent le transport, l'achat et la revente entre des acheteurs d'une région et des vendeurs d'une autre. Leurs objectifs sont très voisins de ceux des PPA, certains alignent leurs prix sur les leurs comme à Fianarantsoa. Lorsque le marché de l'alevin est limité ou saturé, certains optent pour les faire grossir dans les rizières voisines, en échange de services (gestion de l'irrigation de la parcelle empoissonnée, par exemple). Le système d'élevage se déroule à la fois en étang et en rizière : la reproduction se fait en étang et l'alevinage principalement en rizière. L'alimentation, provenant essentiellement des déchets de cuisine, est plus irrégulière en qualité et quantité. Tous souhaitent intensifier ou agrandir leurs piscicultures.

Leur préoccupation pour la qualité des alevins les conduit périodiquement à s'approvisionner en géniteurs chez des PPA reconnus ou, au moins, à introduire des carpes d'autres élevages, jugées « belles ». Nombre d'entre eux expriment le souhait de s'intégrer au réseau des DRPRH qui, selon les régions, les reconnaissent ou les ignorent. Dans un futur proche, leur contribution au sein des PPA pourrait devenir majeure.

Type 5 : EP inscrites dans un réseau de proximité (14 producteurs rencontrés)

Ces producteurs étaient tous grossisseurs de carpes avant de se lancer dans la production d'alevins. Contrairement au type précédent, il n'y a pas de réelle vocation marchande ni de spécialisation piscicole au niveau de l'exploitation agricole : l'activité piscicole est un moyen d'intensifier globalement les rizières. La trésorerie mobilisée est très limitée. Socialement, ils diffèrent des types précédents, ce sont d'abord des exploitants agricoles qui ont opéré une diversification grâce à une pisciculture non spécialisée produisant des alevins et des poissons de consommation pour les besoins de l'exploitation ou pour être vendus ou échangés. Le volume d'alevins produit est nettement plus faible que pour les types précédents mais la production est relativement stable et entretient des dynamiques locales. Les gérants ont le plus souvent bénéficié d'une formation et de conseils de voisins pisciculteurs.

Chacun de ces producteurs est au cœur d'un réseau de proximité constitué par des parents, des voisins proches, voire des résidents d'un même ensemble géographique (riziculteurs d'un même bas-fond, par exemple) où circulent les poissons. Des conventions d'échanges peuvent porter sur des journées de travail, un paiement différé, une mise en commun de moyens de production, un échange ou une compensation de catégories de poissons par d'autres, etc. Elles sont de précieux outils de la régulation de cette circulation des poissons. Les échanges de lots de poisson à différents stades paraissent planifiés, le système d'élevage dépasse donc le cadre physique de l'exploitation et la circulation des poissons passe aussi par des étangs et des rizières n'appartenant pas au gérant. Cette organisation de l'élevage sur quelques exploitations et bénéficiant de l'implication de plusieurs producteurs lui confère une certaine robustesse. Les schémas techniques sont variés. Le cycle, dont l'alevinage, se déroule surtout en rizière : on observe même des cas de mise en pose en rizière.

Ces exploitations sont assez récentes, certaines sont reconnues par la DRPRH de par leur influence au niveau local (comme à Fianarantsoa). Elles complètent les autres voies de production d'alevins et leur prospérité est liée aux ressources et aux opportunités de leur environnement proche. Quand ces producteurs sont très enclavés, ils peuvent se retrouver en situation de monopole.

Type 6 : Petites EP intégrées (36 producteurs rencontrés)

L'origine de ces systèmes est la suivante : des paysans grossisseurs se lancent dans la production d'alevins en conservant quelques poissons. Ils ont parfois reçu des conseils d'un voisin ou une petite formation d'un projet (type APDRA). Ils ne sont pas forcément inscrits dans des réseaux, certains sont isolés. Dans les zones enclavées, quelques-uns ont pu générer des dynamiques de production localisées en formant eux-mêmes d'autres producteurs, ils rejoignent alors le type 5 précédent.

La pisciculture est pour eux une diversification assez secondaire, elle est associée à la riziculture. Les surfaces empoissonnées sont faibles. Occasionnellement, cette production améliore la satisfaction des besoins en protéines de la famille ou procure un revenu sans mobilisation importante de temps ou de trésorerie. Elle n'est pas conduite avec une réelle vocation marchande et, même pour l'écoulement des alevins, ces producteurs sont peu soucieux de se positionner sur le marché de l'alevin. Lorsque des ventes sont possibles, elles sont très appréciées car elles coïncident avec le moment de la soudure. Un atout essentiel du système est d'être flexible : les proportions d'alevins vendus / mis en grossissement et de poissons autoconsommés / vendus s'ajustent au gré des besoins. La production d'alevins est menée dans les rizières, les effectifs produits sont faibles et certaines années la reproduction échoue. La première raison invoquée est le manque de géniteurs suite à des vols ou à des conditions climatiques particulières. Il n'est pas rare que ces pisciculteurs mettent la totalité des alevins qu'ils ont produits, en grossissement. Si, parfois, le stock global de géniteurs paraît pléthorique, le nombre de géniteurs effectivement impliqués dans la reproduction est généralement très faible : moins de 10 femelles - voire très souvent une seule. Des cas ont été rapportés où les géniteurs sont simplement stockés ensemble dans une même structure, le producteur récoltant les alevins au fur et à mesure des pontes spontanées. Classiquement, les producteurs disposant d'une certaine expérience ont de meilleurs résultats que les débutants.

Les trois types suivants ne jouent pas aujourd'hui un rôle important dans la production d'alevins mais pourraient en jouer un demain ou, à l'inverse, en ont joué un rôle significatif par le passé.

Type 7 : Producteurs d'alevins en devenir (13 producteurs rencontrés)

Ces exploitants agricoles qui pratiquent le grossissement de carpes en rizière ou en étang, affichent un intérêt pour la production d'alevins. Le plus souvent, l'objectif annoncé est de garantir leur besoin et être autosuffisant, ce qui a pour mérite de diminuer les coûts de production et/ou les difficultés d'accès à l'alevin. Ils peuvent aussi afficher un souci de se positionner sur le marché de l'alevin qui leur paraît rémunérateur. Dans des situations marginales ou particulières (périphérie du lac Itasy, par exemple), des approvisionnements en géniteurs ou en alevins à partir du milieu naturel sont évoqués. Les grossisseurs appuyés par l'APDRA qui suivent des formations pour la reproduction ont été rattachés à ce type.

Type 8 : Producteurs d'alevins originaux (8 producteurs rencontrés)

Le fonctionnement et les objectifs de production de ces systèmes leur donnent leur originalité : portés par des institutions religieuses, des organisations de producteurs ou/et de pêcheurs avec une gestion communautaire, leur fonction paraît plus de soutenir la production piscicole que d'en tirer un véritable revenu. Si la plupart affichent des productions peu élevées et sont peu intégrés dans des réseaux, quelques

uns peuvent avoir localement une certaine influence (cas des sœurs bénédictines en Amoron'i Mania). Le cas particulier du sanctuaire des espèces géré par le FOFIFA à Kianjasoa a été associé à ce groupe - à noter que, lors de l'enquête réalisée dans ce sanctuaire, l'effectif de géniteurs pour l'entretien de la souche hongroise paraissait trop faible pour assurer le maintien de sa variabilité génétique⁸.

Type 9 : Production d'alevins en voie probable de délaissement (9 producteurs rencontrés)

Ces pisciculteurs produisent des alevins depuis au moins 10 ans mais la pisciculture ne satisfait pas ou plus leurs objectifs. Les raisons divergent selon les situations individuelles : conditions naturelles défavorables (cyclone, inondation), difficulté chronique d'écoulement des alevins, contraintes techniques (carpes peu connues), etc. De ce fait, ces producteurs se tournent vers d'autres activités correspondant mieux à leurs contraintes individuelles et abandonnent la production d'alevins, voire même la pisciculture. Il n'y a pas d'investissement prévu dans l'activité et les structures et cheptels de géniteurs sont sous exploités.

Limites de l'étude sur les producteurs d'alevins de carpe

La diversité des situations décrites ne concerne que les régions de PARRUR, elles correspondent à celles où intervient l'APDRA. Si le risque d'accorder trop d'importance au réseau des PPA ou à celui des actions de projets est réel, le mérite de cette étude est néanmoins de présenter une diversité bien supérieure à celle précédemment évoquée.

L'objectif d'identifier des indicateurs d'efficience de ces systèmes d'élevage n'a pas pu être atteint. La première raison est qu'il n'a pas été possible de produire des indicateurs globaux.

Par exemple, le nombre d'alevins produit par femelle, initialement retenu, a révélé des réalités très différentes : parfois calculé à partir de la variation de poids des femelles lors de la mise en pose (on estime alors la quantité d'ovules émise par femelle, 54 000 ovules/kg d'après un PPA de Haute Matsiatra) ou par l'application de ratios standards (un kilogramme de femelle donne tant d'alevins, des chiffres variés oscillaient entre 2000 et 8000/kg de femelle), il représente aussi dans d'autres cas le dénombrement, par des producteurs, des alevins effectivement vendus ou encore une estimation de l'effectif obtenu à la fin du premier cycle d'alevinage lorsqu'il y a une vidange au bout d'un mois. D'autres situations étaient présentes avec des cycles de durée variable, la comptabilisation ou non des alevins auto-empoisonnés. On le voit bien, la portée explicative de cet indicateur, tel quel, est à relativiser. Le ratio « géniteurs mis en pose sur géniteurs stockés » est intéressant mais il est aussi très difficile à collecter. En particulier, sur les grosses exploitations où des effectifs importants de poissons marchands ou de pré-géniteurs sont parfois retenus, la limite entre pré-géniteurs et géniteurs n'étant pas stricte. Certains producteurs affichaient de plus le souci de réutiliser le même géniteur (femelle souvent, mais aussi mâle) plusieurs fois durant une même campagne. Le nombre de mises en pose pratiquées mais aussi leur calendrier font enfin apparaître une très grande hétérogénéité. Les producteurs d'alevins de types 1, 2, 4 et, dans une moindre mesure, 5 sont très intéressés par des étalements des pontes pour mieux répondre aux besoins. A l'inverse, les petites EP du type 6 ne pratiquent pas forcément un suivi long de leurs géniteurs et déclarent parfois rater les fenêtres de maturité.

Point sur les producteurs d'alevins de tilapias

Les enquêtes conduites dans le cadre du projet Madapisci dans 7 régions malgaches auprès de 12 agents de la DRPH, 14 techniciens d'ONG et 45 pisciculteurs (Figure 6) ont permis d'identifier 3 grands types de producteurs d'alevins de tilapia.

A ces types s'ajoutent des élevages qui se déroulent dans le cadre de projets et dont la viabilité ne peut être connue à ce jour. Cet encadré présente les trois types rencontrés puis les modèles actuellement promus par des projets listés.

Type 1 : Les producteurs d'alevins disposant d'un seul étang pour la reproduction et le grossissement

Ce type concerne la majorité des producteurs de tilapia de toutes les régions enquêtées. Ces exploitants agricoles familiaux entretiennent un ou plusieurs petits étangs pour une production de poissons principalement destinée à la consommation familiale. Le peuplement est souvent constitué de plusieurs espèces (carpes, tilapias) et, pour les tilapias, de différentes classes d'âge.

L'étang est exploité de manière continue et rarement vidangé. Lors des vidanges, le ré-empoissonnement se fait avec le reliquat de petits poissons. Certains de ces élevages sont dans des situations très isolées. Dans ce système, la maîtrise de la population de poissons est faible et l'empoissonnement ne peut garantir l'atteinte de la taille désirée. Les revenus financiers sont quasiment nuls, ce qui ne permet pas une spécialisation accrue de l'exploitation vers cette production. Les échanges de poissons entre producteurs ou avec le milieu extérieur paraissent peu fréquents.

Type 2 : Les producteurs d'alevins disposant d'étangs différents pour la reproduction et le grossissement

Ce sont surtout les producteurs d'alevins privés (PPA) agréés par la DRPH qui constituent ce type. Les alevins destinés à la vente sont produits en continu dans un étang durant la saison chaude. A la saison froide, les géniteurs sont retirés et stockés par sexe séparé. Les quantités d'alevins produits demeurent limitées.

Type 3 : Les producteurs d'alevins spécialisés

Constitués d'exploitants agricoles aisés ou d'entrepreneurs issus d'autres secteurs d'activités, notamment des commerçants, ils ont disposé d'un agrément de la DRPH pour la production de populations monosexes mâles d'*Oreochromis niloticus* par inversion hormonale et produisent des poissons marchands. Le plus grand nombre de ces piscicultures, d'une importante superficie, est localisé dans la Région Analamanga et regroupé initialement dans l'APAM ((Association Professionnelle des Aquaculteurs de Madagascar) qui a bénéficié au début des années 2000 d'un appui du FOFIFA et de l'ARDA⁹, dans le cadre d'un financement du SCAC¹⁰. Les infrastructures sont souvent de qualité. Ces entreprises ont recours à de la main d'œuvre salariée et mobilisent des intrants et du matériel produits sur leur propre exploitation ou achetés à l'extérieur. Leur besoin en trésorerie est important. Malgré certaines difficultés liées à la qualité de l'eau, l'enclavement ou le vol, ce sont elles qui produisent les effectifs d'alevins les plus importants par exploitation. Ces derniers sont transportés et commercialisés sur de longues distances. Depuis la constitution du stock de géniteurs, ces producteurs ont procédé à 1 ou 2 nouvelles introductions de poissons.

⁸ Au moment de l'entretien, pour les Hongroises, il y aurait seulement eu 2 femelles et 1 mâle adultes, ainsi que des pré-géniteurs

⁹ ARDA : Association Régionale de Développement Aquacole.

¹⁰ SCAC : Service de Coopération et d'Action Culturelle français.

NB : ces producteurs fournissent des alevins à des grossisseurs de tilapias en cages flottantes (dans le Lac Itasy et dans le Canal des Pangalanes) ou en étang qui utilisent des aliments composés. Ces systèmes nécessitent une trésorerie élevée et des alevins de tilapias monosexes le plus souvent achetés à l'extérieur. Les promoteurs des piscicultures en cages sont des investisseurs qui ne sont pas issus du secteur agricole et ont bénéficié d'un accompagnement du FOFIFA. Celles en étangs sont pour la plupart d'entre elles liées au MIDEM ou au PATIMA, présentés ci-dessous.

En plus de ces trois types de producteurs d'alevins, des institutions de l'Etat ou de la société civile fournissent des alevins d'*Oreochromis niloticus* à des pisciculteurs regroupés ou individuels. Les alevins peuvent être cédés à titre gratuit, à crédit ou cash, selon les cas. Toutes ces institutions proposent leurs propres référentiels techniques.

Lors des enquêtes, 5 institutions ont été identifiées, les trois premières diffusent leur propre souche :

1. La station de Kainjasoa du FOFIFA diffuse la souche dite de Kianjasoa qui aurait été constituée en 1994 à partir de la population de la station piscicole d'Ambatofotsy-Ambatolampy, d'après Rakotoambinina (2011). Elle vend aussi des alevins monosexes mâles.
2. Le Projet PATIMA dans la région de Boeny¹¹ dit diffuser la souche Nilojica introduite du Japon en 2011. Il vend aussi des alevins monosexes mâles.
3. L'ONG MIDEM¹² dans la région Antsinanana diffuse une souche introduite en 2013 depuis la Thaïlande (Gift et/ou Big Nin) et propose aussi des alevins monosexés.

Les pisciculteurs qu'elle encadre bénéficient de crédits d'investissement et de campagne afin de rendre accessible la très importante trésorerie nécessaire à l'achat des aliments composés.

4. Dans le cadre des projets PADPP (2010-2014) et PPMCE (2012-2016) dans deux régions de la Côte Est (Atsinanana et Analanjirofo), l'ONG APDRA a installé des pisciculteurs qui produisent eux-mêmes leurs alevins de tilapias. Chaque pisciculteur a aménagé au moins un étang de grossissement et un étang dit de service. Dans cet étang de service, le pisciculteur peut assurer ses besoins en alevins de tilapia. La méthode utilisée prévoit une mise en reproduction des géniteurs pendant 21 jours, puis le retrait des géniteurs et poursuite du grossissement des alevins jusqu'à la taille de fingerlings où la différence de sexe est visible à l'œil nu. A une taille voisine de 25 g, les plus gros mâles servent à empoissonner l'étang de grossissement et les femelles sont consommées ou vendues. Parmi les plus gros retenus, le nombre nécessaire de fingerlings est conservé pour relancer le futur cycle de reproduction, des échanges sont encouragés entre producteurs. L'ONG APDRA assure un approvisionnement initial des groupes locaux de pisciculteurs en pré-géniteurs.
5. La communauté religieuse de Saint-Benoît travaille aussi avec les souches locales et distribue gratuitement des alevins aux petits pisciculteurs des zones enclavées en Analanjirofo. Cette communauté a reçu un appui du projet PRADRA (financement FIDA¹³) dirigé par l'IHSM¹⁴.

DISCUSSION

Cette analyse actualise la compréhension des réalités de la production des alevins de la carpe à Madagascar en 2012 en s'ouvrant à l'ensemble de la diversité des producteurs, ce qui n'avait jamais été fait depuis les années 1970.

Les éléments de différenciation des types

Les principaux éléments de différenciation des systèmes d'élevage sont : le niveau du contrôle des étapes de la reproduction, l'intégration plus ou moins grande dans des flux de poissons au-delà de l'exploitation piscicole, les structures utilisées et la place de la production d'alevins de carpes au sein de l'élevage de poisson et du système d'activité du gérant.

Le contrôle des étapes de la reproduction renvoie à une large gamme de pratiques. Celles de préparation des géniteurs regroupent la sélection et le tri, la gestion des lieux de stockage, l'éventuelle alimentation (parfois les rations distribuées sont assez chères avec néanmoins jamais de farine de poisson ou d'aliments industriels). Ensuite vient la préparation et la mise en pose, cette étape comprend le choix des géniteurs associé parfois à un suivi pour anticiper la fin de leur maturation, la préparation de l'étang pour la mise en pose, son suivi, le contrôle des kakabans et des femelles après la ponte - voire leur pesée. Enfin viennent toutes celles associées au cycle d'alevinage, choix de la durée, évaluation de l'effectif, récolte ou évacuation passive vers d'autres milieux pour le grossissement. Les producteurs pratiquant les dispositifs de suivi les plus complets se déclaraient intéressés par un recours à la reproduction artificielle pour l'entretien de croisements ou la pratique de reproductions hors saison.

L'importance relative accordée au marché officiel ou national des alevins ou aux échanges de proximité est un élément structurant de cette typologie. Ses liens avec l'échelle d'approvisionnement pour le renouvellement des géniteurs sont intéressants : se côtoient, en effet, des pisciculteurs exigeant les souches de meilleure réputation sur un plan national, d'autres recherchant simplement celles a priori de bonne qualité, d'autres tirant partie de la disponibilité dans les environs immédiats et enfin certains producteurs peu soucieux d'un quelconque renouvellement de leurs géniteurs.

Les structures d'élevage restent très variées. La mise en pose peut se faire en rizière comme en étang mais les producteurs développant leur activité ont tendance à compléter leurs structures avec des étangs. Pour le grossissement, deux tendances sont constatées : les surfaces d'étangs sont complétées par des rizières ou, à l'inverse, l'intensification du grossissement pousse à la construction d'étangs. Les géniteurs sont stockés dans des mares, des étangs, voire de simples trous d'eau.

Les résultats montrent par ailleurs que des éléments explicatifs du système d'élevage de la carpe sont à rechercher au-delà des limites de l'exploitation agricole : associations de différentes espèces de poissons, intégration au riz et échanges de services entre exploitations (système d'élevage à cheval sur plusieurs exploitations).

Les principaux enseignements au niveau de la génétique de la carpe

Ici sont présentées les conclusions de ce travail d'enquête sur l'existence de différentes souches élevées et leur plus ou moins grande variabilité. Ces conclusions seront à croiser et à réinterroger avec celles de l'analyse génétique présentée dans la partie suivante. Le descriptif des phénotypes écaillé, miroir et cuir y est détaillé (Figure 13).

¹¹ http://www.jica.go.jp/Madagascar/french/office/others/pdf/publications01_12.pdf

¹² MIDEM : <http://kalapia.com/>

¹³ Fonds International de Développement Agricole.

¹⁴ Institut Halieutique et des Sciences Marines de l'Université de Toliara.

Dans la pratique, aucun PPA enquêté n'entretient les souches originelles promues (royale et hongroise) dans la durée. Seul le sanctuaire de Kianjasoa semble les avoir conservées. Les PPA choisissent eux-mêmes les modalités de renouvellement de leurs géniteurs, parfois en accord avec la DRPRH, et le schéma théorique proposé n'est pas suivi. Leurs pratiques ne permettent pas l'entretien de quelconques souches introduites. Par contre, ils entretiennent un brassage assez intense à l'échelle nationale, tout particulièrement dans le cas des types 1 et 2 et, dans une moindre mesure, pour les autres types à l'exception du type 6. Les principaux flux ont lieu entre l'Analamanga (Antananarivo), l'Itasy (Miarinarivo), le Vakinankaratra (Antsirabe, Betafo, Ambatolampy) et la Haute Matsiatra (autour de Fianarantsoa). Les carpes élevées dans les régions non traversées par ces flux sont susceptibles de disposer d'une plus faible variabilité à la condition que l'effectif de géniteurs soit faible et le temps d'isolement suffisamment long.

Certaines connexions ont été mises en évidence avec le milieu naturel dans des situations tout à fait enclavées (par exemple, celles de grossisseurs s'approvisionnant exclusivement avec des pêcheurs d'Amoron'i Mania pratiquant une reproduction naturelle aménagée dans des cuvettes inondables) ou comme alternative à une offre jugée peu attractive (cas de producteurs autour du lac Itasy). L'effet de ces pratiques est difficile à prévoir mais il devrait amoindrir la différence entre les souches du milieu naturel et celles d'élevage, d'autant plus qu'une politique d'empoissonnement des milieux naturels a été longuement pratiquée. Néanmoins, ses effets ne sont pas connus et l'effectivité de ces empoissonnements est parfois remise en cause. Quoiqu'il en soit, l'utilisation des carpes issues du milieu naturel est une pratique qui existe dans les milieux les plus périphériques et les plus enclavés. Des dynamiques particulières d'entretien des souches élevées pourraient y être présentes. Bien que ces poissons soient écaillés et moins prisés (voir paragraphe suivant) ce processus devrait participer à un enrichissement de la variabilité des souches élevées. Ceci rejoint les conclusions d'Andriambelomanana (2012) : dans les environs du lac Andranobe (Vakinankaratra), la variabilité des populations de carpes élevées par les petits producteurs de l'échantillon témoigne d'une utilisation passée de géniteurs issus du lac, à la différence de celle présente chez un PPA voisin où aucune trace antérieure d'utilisation de carpes « sauvages » n'a été décelée.

Y a-t-il une différence de qualité génétique entre les souches utilisées par les PPA et par les EP ? Un fait marquant est qu'il n'existe pas de frontière à la circulation des poissons entre les différents types de producteurs, un certain opportunisme pragmatique prédomine : des PPA s'approvisionnent parfois en géniteurs ou en pré-géniteurs au niveau de petits producteurs et/ou complètent leur commandes d'alevins avec des approvisionnements d'autres origines, et vice-versa. Cependant, des risques de consanguinité sont présents dans le type 3 des PPA ou pour d'autres producteurs d'alevins du fait de leur situation d'enclavement et de l'inexistence d'échanges de poissons avec l'extérieur.

Le phénotype est la seule qualité utilisée dans les échanges pour prétexter d'une différence génétique. Il est aussi utilisé pour l'entretien de certains stocks de géniteurs importants qui sont alors regroupés en trois catégories : « royale » (carpe miroir avec peu d'écaïlles), « cuir » (carpe sans écaïlles) et « hongrois ». Ce critère du phénotype présente des limites évidentes : dans certains élevages, des carpes dites royales avaient les mêmes parents que les cuirs ! L'étude s'est insuffisamment attachée à identifier les éléments permettant de caractériser les différents phénotypes du point de vue des éleveurs et il est apparu que, dans certains cas, la même terminologie pouvait recouvrir des réalités assez différentes : le qualificatif royal, initialement attaché à une carpe miroir, est parfois utilisé pour qualifier une carpe linéaire (Figure 13). La carpe royale, avec toutes les limites que ce terme véhicule, correspond à une carpe miroir avec peu d'écaïlles et le dos juste après la tête peu bombé, elle serait la plus appréciée. Une surprise a été l'engouement pour les carpes cuirs qui, aux dires des producteurs, grossissent vite et ont moins d'arêtes (voir l'analyse de leurs performances réelles). L'étude montre que les pisciculteurs recherchent des poissons disposant de peu d'écaïlles.

L'importance accordée au phénotype cuir contre l'avis des institutions de développement révèle une autre complexité : d'autres croyances circulent et sont des arguments de vente. Les cuirs ne sont écartées par aucun des types de producteurs d'alevins. Par exemple, des EP, contrairement aux recommandations de l'APDRA avec qui elles travaillent, conservent volontairement des cuirs dans leur cheptel. L'engouement pour les nouvelles souches est aussi très fort : des carpes Koï récemment introduites, associées à une autre variété écaillée, qualifiée de « Magoï », ont simultanément été retrouvées dans le district d'Anjozorobe à la périphérie d'Antananarivo et dans le district d'Isandra à une bonne distance de Fianarantsoa, à plus de 300 km de la capitale. Disposer de variétés nouvelles reste un argument commercial et les mécanismes de diffusion sont rapides. Sur un autre plan, ces introductions récentes témoignent de la porosité des frontières. Accessoirement, les vendeurs de Magoï, bien que ce soit un phénotype écaillé, vantent leur forte capacité de croissance et leur maturité précoce (« femelle mûre dès la première année »).

Dans les pratiques recueillies, certaines sont-elles susceptibles de sélectionner ou d'entretenir des qualités particulières des souches élevées par rapport à celles du milieu naturel ? La plupart des producteurs entretiennent des effectifs importants de géniteurs mais, au final, les poissons choisis sont ceux qui se retrouvent matures au moment de la mise en pose. Ceci a peut-être tendance à favoriser la sélection de géniteurs conservant les critères de maturation sur un pas de temps assez long ou susceptible de retrouver souvent ces qualités. Aucune pratique de sélection sur la croissance avec une identification claire de l'âge de la reproduction n'a été rencontrée, même si parfois ce sont les plus gros poissons qui sont choisis ; mais le fréquent mélange de lots de poissons ne veut pas dire que le plus gros est celui qui grossit le plus vite. Dans de nombreuses situations, ce n'est pas forcément l'efficacité reproductive de la carpe qui est récompensée mais la capacité des alevins à survivre dans des environnements où les ressources trophiques ne semblent pas abonder (pas de nourriture enrichie en protéines, peu de fertilisation, etc.). Ainsi, une proportion sensible de pontes n'aboutit pas à la production d'alevins. Enfin, le fait que la plupart des rizières et de nombreux étangs soient aussi souvent sujets aux crues signifie peut-être que la capacité de la carpe à ne pas dévaler est aussi importante.

Pour conclure cette partie sur les pratiques liées à la génétique, il faut souligner l'effectif très important de géniteurs participant à l'entretien de la variabilité globale à Madagascar, lié principalement au fait qu'il existe de très nombreux éclosoirs, ainsi que des connexions avec le milieu naturel. Ce nombre important reste un facteur extrêmement positif de l'entretien et du maintien à disposition des pisciculteurs d'une bonne variabilité de la souche d'élevage au niveau national. Cette étude a aussi mis en évidence des flux importants de « gènes » à l'échelle nationale et l'inexistence de véritable clivage dans la circulation des géniteurs. Tout semble indiquer que l'on est donc face à une métapopulation où, de façon continue, participent de très nombreux géniteurs se reproduisant dans des systèmes d'élevage très différents et gardant quelques liens avec le milieu naturel. Enfin, les services régionaux semblent jouer un rôle important dans l'organisation de cette circulation des poissons mais sur des bases très différentes de celles décrites¹⁵.

Les principaux enseignements sur le développement de la pisciculture

Cette grande enquête confirme certains résultats déjà connus. Les projets de la FAO restent à la base de l'organisation actuelle du réseau des PPA et des schémas techniques promus. Les PPA sont les acteurs majeurs du marché de l'alevin en ville et à longue distance. L'alevin issu des PPA arrive cependant peu dans les zones marginales. D'ailleurs, dans certaines zones, il n'y a toujours pas (ou très peu) de carpes

¹⁵ Cf. le dernier paragraphe sur les performances d'élevage des souches Royale, Hongroise et Sauvage (ci-après).

d'élevage pour deux grandes raisons : le tilapia est plus adapté, en particulier dans les milieux les plus chauds, et/ou la carpe reste peu connue même lorsqu'un bon potentiel de développement semble exister. Dans ce dernier cas, les rares producteurs d'alevins présents se retrouvent en situation de monopole.

Les entretiens ont mis à jour l'existence d'un double discours tant chez les PPA que les EP. Les producteurs commencent systématiquement par afficher leur connaissance d'un schéma technique mais ne l'appliquent que très partiellement. Face à cette situation connue de tous, il n'y a pas de remise en cause de l'unique modèle technique promu, aucune recherche-développement n'est entreprise : les questionnements des producteurs sont peu écoutés et leurs contraintes n'influent pas sur les orientations de la politique sectorielle. Par exemple, celles autour de l'alimentation ne conduisent pas à des tests ou à des propositions de nouvelles solutions.

Dans les zones de production d'alevins, deux logiques d'intensification des élevages de carpes existent : soit l'augmentation des productions de l'agrosystème exploité en améliorant l'intégration de la pisciculture, soit une plus grande spécialisation marchande sur l'alevin. Cette deuxième logique est la seule à conduire occasionnellement à l'achat d'aliments.

La compréhension des dynamiques de production et de leurs interdépendances a souligné la nécessité d'une prise en compte de l'ensemble des éleveurs. Des synergies variables entre PPA et EP existent : leurs relations peuvent prendre la forme d'échanges de géniteurs, d'achats d'alevins en complément de ceux produits, d'échanges d'autres services (formation, conseil et suivi, appui à la commercialisation). Certains PPA déclarent avoir besoin d'EP et en installer pour pouvoir répondre aux fréquentes demandes imprévues du marché. Ils les utilisent parfois aussi comme revendeurs ou y évacuent les invendus pour les valoriser lors du grossissement. De ce fait, le développement d'EP se fait par les PPA comme par les EP, de proche en proche. Les EP tiennent ainsi un rôle important, qui varie en fonction de leurs relations avec les PPA. A proximité, elles sont soit des compléments des PPA, soit de mauvais concurrents ; dans des relations plus distantes, elles sont de précieux relais pour certains marchés ; enfin, elles sont souvent un indispensable substitut dans les zones où l'alevin des PPA n'est pas accessible. Les EP, celles du type 4 tout particulièrement, se positionnent sur le secteur de l'alevin marchand, imitant d'une certaine façon les PPA ; dans certaines régions, elles ont acquis un statut équivalent à celui des PPA. C'est seulement sur le marché inter-villes que de vives concurrences sont observées entre toutes les sortes de producteurs.

Ceci conduit à s'interroger sur la pertinence des appellations PPA et EP. Classiquement, un PPA a une autorisation officielle provenant de la DRPRH et est sensé appliquer le schéma technique de la FAO. Cela dit, certaines EP peuvent être qualifiées de PPA : quoique n'ayant pas d'autorisation officielle, elles ont cependant reçu des formations sur le schéma technique de la FAO et appliquent un schéma similaire aux PPA, d'où des systèmes d'élevage de même type (même trajectoire, mêmes contraintes). A l'inverse, certains PPA se détachent de la DRPRH et des préconisations techniques, tout en conservant leur autorisation officielle. Enfin, la notion de PPA diffère selon la région et les EP sont associées de différentes façons selon la politique régionale sectorielle. En Itasy, par exemple, il n'y a pas eu de nouvelles intégrations depuis les projets de la FAO. De ce fait, les PPA disposent d'une caution et donc d'un statut qui les différencient clairement des autres producteurs. Par contre, à Fianarantsoa, des EP (avec des schémas techniques et des surfaces parfois différents des PPA) ont été officialisées postérieurement aux projets, ce qui fait que dans cet endroit la notion de PPA signifie être en possession d'une autorisation de la DRPRH. Ainsi, la différence PPA/EP est peu fonctionnelle à l'échelle du pays et revêt des réalités différentes.

Les intérêts de se mettre en règle vis-à-vis de la DRPRH sont multiples : obtenir l'autorisation pour vendre (dans les environnements les plus « renommés »), assurer les débouchés, bénéficier de la caution des services officiels, profiter de la mise en place de certains projets, etc. Cependant selon leur fonctionnement, leur environnement et leur stratégie de production, ces intérêts restent trop limités pour certains producteurs qui n'y souscrivent pas.

En parallèle des structures d'appui à la pisciculture, de nouveaux opérateurs privés participent, dans toutes les régions, au développement de la pisciculture. Dans certains cas, ils ont constitué un pôle de production et/ou de fourniture de services (conseil, suivi, formation). Ils diffusent activement des nouveautés, qu'elles soient techniques ou organisationnelles : promotion de nouvelles souches (Koï, Maggoï), vente de matériel de transport d'alevins, établissement de convention d'empoissonnement avec indicateurs de suivi, conseil à la reproduction, etc. Ils ne sont pas forcément en lien avec la DRPRH mais sont reconnus dès qu'ils sont influents. Parmi eux, il y a des anciens fonctionnaires, d'autres sont adossés à des institutions religieuses. Leur rôle dans la promotion de la pisciculture et dans la production serait aussi davantage à prendre en compte ; leur implication dans le développement pourrait être accompagnée.

L'augmentation de la production d'alevins amène un intérêt supérieur pour le poisson marchand. Dès que l'alevin produit devient moins rémunérateur, des producteurs préfèrent mettre une certaine quantité d'alevins en grossissement plutôt que de les vendre. La mise en place d'accords tels que la vente à crédit ou l'empoissonnement de rizières voisines témoigne d'une offre d'alevins moins chers. Ces pratiques innovantes, tout en accompagnant la baisse du prix de l'alevin, améliorent et sécurisent la production grâce à une mutualisation des risques de la production de poissons marchands et à une extension des surfaces empoissonnées ; elles améliorent le rôle de la pisciculture de la carpe dans le développement rural, particulièrement dans les régions enclavées disposant de potentialités pour cet élevage. Ces pratiques permettent de contourner les blocages liés aux monopoles créés de fait par les rares producteurs d'alevins qui arrivent à maintenir une offre d'alevins dans ces environnements enclavés ; ces derniers, au vu des objectifs affiliés à leur production, ne sont pas toujours intéressés pour améliorer leur technicité. De nombreux paysans en situation précaire étaient satisfaits de la rizipisciculture et ont témoigné une volonté de la maintenir ou de l'étendre. Cette réalité confirme l'intérêt de l'amélioration de l'offre en alevins dans ces zones ; cette offre bénéficierait beaucoup d'être associée à la mise en place des pratiques innovantes décrites ci-dessus et qui méritent davantage de considération.

Structuration et variabilité des populations de carpe à Madagascar

La carpe, espèce introduite à Madagascar en 1912, s'est largement répandue dans le milieu naturel et les élevages, et est aujourd'hui une espèce importante à la fois pour la pêche et pour l'aquaculture. Les éleveurs de carpe malgaches sont attentifs à la qualité des alevins qu'ils utilisent et se posent depuis plusieurs années des questions sur la qualité génétique des animaux dont ils disposent, que l'on peut résumer par les questionnements suivants :

- Y a-t-il une variabilité génétique suffisante des souches de carpes présentes à Madagascar ?
- Faut-il en conséquence importer de nouvelles souches de carpe ?
- Les souches ont-elles des performances suffisantes ?

- Les performances sont-elles diminuées par la consanguinité ?
- Les carpes « cuir » ont-elles des performances intéressantes ?

Pour répondre à ces questions, nous les avons reformulées et placées dans un cadre plus général, avant de conduire une série d'expérimentations. La première question à se poser était de savoir s'il existait des souches différentes de carpe à Madagascar, du point de vue génétique. Pour cela, nous avons mis en place un protocole de collecte d'informations et d'échantillons, afin de pouvoir analyser, par l'étude de marqueurs génétiques, la structuration et la variabilité des populations de carpes malgaches par des méthodes de génétique des populations.

Pour ce qui est des performances, la génétique des populations ne permet pas d'apporter de réponses et il faut mettre en place des expérimentations de terrain utilisant les principes de la génétique quantitative. Cependant, l'évaluation de la valeur génétique de populations de poissons est délicate, car il faut, d'une part, avoir des animaux représentatifs des différentes souches à tester et, d'autre part, il est très difficile d'obtenir des performances fiables dans un milieu très variable comme le milieu d'étang ou de rizière. Nous avons donc tout d'abord mis en place un protocole visant à valider une méthode de testage par utilisation d'un témoin interne (Vandeputte *et al.*, 2002). Ensuite, nous avons pu mettre en testage différents génotypes afin d'étudier leurs performances relatives. Cet ensemble d'actions de recherche entrepris dans le cadre du projet MADAPISCI est relativement unique par son ampleur et par les approches utilisées, allant d'une recherche assez fondamentale à des applications très pratiques.

Historique des populations de carpes malgaches

La carpe commune (*Cyprinus carpio* L.) est une espèce normalement inféodée à l'Eurasie, dont la domestication en Europe remonte au Moyen-Age, si ce n'est à l'Antiquité (Balon, 1995). A Madagascar, cette espèce est introduite pour la première fois en 1912¹⁶ par le professeur Legendre, qui stocke des carpes de type « miroir » dans un bassin de l'Institut Pasteur jusqu'à la fin de la Première Guerre Mondiale (Kiener, 1958 - Figure 4). Cette première introduction est d'origine française. Le Docteur Legendre crée alors une petite station dans les années 1920 à Antanimena ; en 1926 une station est créée à Sisaony par le service des Eaux et Forêts sur la route d'Antsirabe, à 24 km d'Antananarivo pour produire des alevins utilisés pour empoissonner les lacs Alaotra, Itasy et Mantasoa, ainsi que des étangs des régions d'Antsirabe, Antananarivo et Fianarantsoa. En 1927, la carpe pullule déjà dans le lac Andranobe, près d'Antsirabe, et on la trouve en abondance dans le lac Alaotra dès 1935 (elle y représente 80 % des captures au milieu des années 1950 - Lemasson 1957). L'espèce s'est dispersée naturellement, après 1940, pour atteindre les zones chaudes de la côte Ouest (Majunga, Marovoay, Belo sur Tsiribihina), mais curieusement pas celles de la côte Est, où elle aurait pu dévaler du lac Alaotra (Kiener, 1958). Elle devient réellement très abondante dans la basse Betsiboaka et la Tsiribihina à partir des années 1947-1949. En 1958, elle occupe la moitié du pays (Figure 3). A cette époque, Kiener note que la carpe, dans le milieu naturel, retourne à une forme « écailleuse », particulièrement sur la côte Ouest où la forme miroir semble avoir quasiment disparu (< 5 % des sujets), alors qu'elle semble persister sur les hauts plateaux (environ 30 % des sujets sur les marchés d'Antananarivo et Fianarantsoa, 15 % dans le lac Alaotra - Kiener, 1963). Un point intéressant sur la dynamique des populations, est que l'arrivée d'une espèce nouvelle entraîne souvent une véritable pullulation, les populations revenant ensuite à un niveau plus raisonnable, comme attesté dans les lacs Itasy et Alaotra (Moreau *et al.*, 1988).

¹⁶ Dans les écrits de Kiener de 1958, c'est bien l'année 1912 qui est évoquée alors que dans ses écrits de 1963, la date devient 1914 ; nous supposons qu'il fait une différence entre la date d'introduction de la carpe à Madagascar et la date de sa diffusion dans le milieu naturel.

Suite à ce constat, une souche de carpe « royale » (qui n'est autre qu'une souche de carpe miroir particulière - Figure 4), a été importée à nouveau de France (Sologne selon Hanitrynyony, 1999) par le service des Forêts en 1959 (Kiener, 1963), non pour le repeuplement des milieux naturels mais bien pour la production de pisciculture (Moreau *et al.*, 1988).

En 1979, dans le cadre du projet MDR/PNUD/FAO-MAG/76/002 : « Développement de la pêche continentale et de l'aquaculture », de nouveaux géniteurs de carpe d'origine hongroise ont été importés par le Pr. Elek Woynarowitch, alors expert pour la FAO. Il a introduit 50 carpes miroir de souche Szarvas 215 qui est un hybride entre une mère Szarvas 22 et un père Szarvas 15, ainsi que 50 carpes écaillées de lignée pure Szarvas P33¹⁷, qui devaient servir comme géniteurs dans le cadre du projet (Figure 4). Ces animaux provenaient de la station TEHAG de Százhalombatta (Hongrie), qui utilisait des géniteurs issus du conservatoire de souches de carpe du HAKI à Szarvas (Andras Woynarowitch & Janos Bakos, comm. pers.).

Par la suite, il est possible que d'autres carpes de souche hongroise aient été introduites. Il est mentionné une introduction en 1992 par la FAO des souches hongroises P3, 02 et 15, qui sont de fait les souches parentales¹⁸ des introductions documentées par Woynarowitch en 1979 (Hanitrynyony, 1999). On peut se demander s'il s'agit bien d'une introduction ou juste d'une propagation des individus introduits en 1979. Quoi qu'il en soit, ces introductions sont liées à la question de la « dégénérescence génétique¹⁹ » des stocks qui se pose régulièrement - on peut y voir une manière d'expliquer des baisses de performances par une cause extérieure (l'incapacité à maintenir les qualités initiales de la souche introduite). Pour autant, une telle dégénérescence n'a jamais été prouvée avant toutes ces introductions qui se sont déroulées autour des années quatre-vingts, le seul point tangible d'un changement génétique dans les populations étant l'apparition de carpes écaillées « retournées à la forme sauvage » dans les milieux naturels, attestée par Kiener au plus tard à la fin des années 1950.

Pour ce qui est des introductions ultérieures, on parle en particulier d'introductions postérieures à 1988 par le projet MAG/88/005 « Promotion de l'aquaculture et privatisation de la production d'alevins »²⁰, sans pour autant parvenir à les documenter. De même, on peut observer aujourd'hui dans la région Analamanga, des carpes colorées de type « koï », qui sont nécessairement issues d'introductions complémentaires, dont l'origine n'est pas connue.

Aujourd'hui, cette question de l'introduction est particulièrement importante, car depuis 1996, un nouveau virus, le KHV²¹, provoquant des mortalités très importantes dans les populations de carpe, a émergé au niveau mondial (Haenen *et al.*, 2004), et il est donc aujourd'hui très risqué d'importer de nouvelles populations de carpe sans contrôles sanitaires très stricts.

¹⁷ Des détails sur ces souches hongroises sont disponibles à <http://www.fao.org/docrep/005/y2406e/y2406e03.htm>

¹⁸ C'est-à-dire les souches dont les croisements donnent Szarvas 215 et P33.

¹⁹ Le risque (réel) de consanguinité dans une population de taille limitée n'est pas mesurable sans outils précis (pedigree, marqueurs génétiques), mais est toujours invoqué (souvent à tort) en cas de baisses inexplicables de performances, l'introduction de « sang neuf » étant alors une solution facile censée résoudre d'un coup tous les problèmes.

²⁰ Cité par <http://www.fao.org/docrep/008/v4050b/v4050b08.htm#ch3.2.1.1>.

²¹ FAO, consulté le 15/04/2015 : <http://www.fao.org/fishery/facp/MDG/en#pageSection2>

A propos de l'introduction des tilapias

Les premières introductions de tilapias ont eu lieu au cours des années 50 (Moreau *et al*, 1988, Moreau, 1988 ; Kiener, 1963 ; Therezien, 1960). En provenance du Congo, le *Tilapia rendalli* (introduit sous le nom *T. melanopleura*) a été introduit en 1951 et l'*Oreochromis macrochir* en 1955, le *Tilapia zillii* du Kenya en 1955, l'*Oreochromis niloticus* d'Égypte et de l'Île Maurice en 1956 et l'*O. mossambicus* du Mozambique en 1956.

Ces introductions ont eu un important impact sur le peuplement ichtyologique comme en témoigne l'évolution des captures du Lac Alaotra (Moreau, 1980) : en 1925, les captures étaient constituées essentiellement de deux espèces, l'une native *Paratilapia polleni* (75 %) et l'autre exotique *Carassius auratus* (20 %) ; en 1954, *Cyprinus carpio* représentait 80 % des captures principalement au détriment du *P. polleni* (5 %). Au fur et à mesure des introductions de tilapias, ceux-ci ont proliféré et sont entrés davantage en compétition avec les espèces précédentes : en 1975, les captures décrites sont composées de 50 % d'*O. macrochir*, de 21 % de *C. carpio*, de 16 % de *T. rendalli* et de 7 % d'*O. niloticus*. Aujourd'hui, au niveau national,

les tilapias représentent plus de la moitié des captures de poissons d'eau douce, les quantités issues de la pisciculture ne seraient que de quelques dizaines de tonnes en 2012²². Même si ces valeurs semblent sous-estimées, elles reflètent la faible importance de la pisciculture du tilapia.

Dès l'introduction des tilapias, les services des Eaux et Forêts ont élaboré des itinéraires techniques. Ainsi, la méthode mixte des classes d'âge séparées, mise au point au Katanga (Bont, 1950) à des altitudes comparables à celles des hautes terres malgaches, a été adaptée à Madagascar ; appliquée au *T. rendalli* (Moreau, 1980), le rendement potentiel est de l'ordre de 3 t/ha/an (Kiener, 1956). En matière de vulgarisation, le tilapia du Nil (*O. niloticus*) supplante les autres espèces de tilapia : les premiers essais d'élevage en cages dans le lac Itasy se déroulent en 1988 (Rakotoambinina, 1989).

Tout récemment deux souches d'*Oreochromis* ont été introduites dans le cadre de projets : la souche Nilojica venant du Japon et une souche Gift de Thaïlande.

Cas de l'échantillonnage pour les populations de tilapias

L'échantillonnage a été effectué chez les principaux producteurs de tilapia et dans les quelques lacs pour lesquels des actions de repeuplement ou de diffusion des tilapias ont été réalisées. Au total, 379 spécimens d'*Oreochromis niloticus* ont été prélevés. La collecte des échantillons a eu lieu aussi bien dans les piscicultures que dans les milieux naturels couvrant 8 régions de l'île. Il s'agissait ici aussi de prélever un fragment de nageoire dorsale sur chaque poisson et de le conserver dans de l'éthanol à 70 % jusqu'à l'extraction de l'ADN génomique (Figure 7).

Les effectifs prélevés ont varié en fonction du nombre d'adultes disponibles au moment du prélèvement qui était parfois très faible mais aussi de l'absence d'amplification de l'ADN de certains individus lors de la PCR. Au final, 316 échantillons ont été analysés pour mesurer la diversité génétique et la structuration de la population.

²² Koi Herpès Virus.

STRUCTURATION ET VARIABILITÉ GÉNÉTIQUE DES POPULATIONS ACTUELLES DE CARPE À Madagascar

Un plan d'échantillonnage de grande ampleur

Pour mieux cerner la structuration et la diversité génétique des carpes malgaches, il était important d'échantillonner le plus de sites possibles et de collecter le maximum d'échantillons dans chaque site. Au total, environ 1600 échantillons de nageoires ont été prélevés en milieu naturel et en élevage dans 10 régions de l'île. Cela a permis de couvrir la grande majorité des principales zones de production et les sites de pêche les plus importants.

La répartition géographique des sites de prélèvement est présentée dans la Figure 5.

Certains sites n'ont pu être échantillonnés à cause du faible effectif en élevage au moment du passage des équipes et/ou de l'accessibilité des élevages. Les échantillons sont prélevés au niveau de la nageoire caudale, ils provenaient de poissons vivants, en général adultes. Ils étaient ensuite conservés dans de l'alcool à 90 °C.

Au final, 782 échantillons ont été exploités pour l'analyse de la structuration et de la variabilité génétique des populations de carpes malgaches. Des populations de référence d'origine française et hongroise ont été intégrées pour servir d'éléments de comparaison avec les carpes malgaches.

Structure génétique des populations de carpes

L'objectif de l'analyse de la structuration génétique est de pouvoir mettre en exergue d'éventuelles différenciations ou de ressemblances génétiques au sein des populations. A Madagascar, le nombre exact de populations de carpes présentes sur l'île n'est pas véritablement connu, mais comme vu précédemment, les dénominations « sauvage », « royale », « hongroise », « koï » et « Maggoï » sont utilisées. Ce travail de recherche a permis de clarifier cette situation et apporte une précision sur les populations qui existent réellement à Madagascar et leur niveau d'introgression²³. Si l'on compare les carpes malgaches avec des carpes de populations de référence asiatiques et européennes (Figure 8), on peut constater qu'elles se rattachent sans équivoque au rameau européen, et que la population la plus proche est une population française du Forez. Les carpes malgaches ne se distinguent pas entre elles, mais sont distinctes des autres carpes européennes (à l'exception de la population du Forez).

Globalement, les analyses montrent que les carpes malgaches sont composées de 2 populations. La première population, majoritaire (en vert dans la Figure 10) est probablement issue de la population ancestrale introduite en 1914, puisqu'elle se retrouve pure dans tous les prélèvements du milieu naturel. Dans certaines populations d'élevage, on identifie une introgression de carpes hongroises dans 19 populations sur 48 populations d'élevage ; cependant, aucune population actuelle sur Madagascar ne peut être considérée comme purement hongroise. Par ailleurs, aucune trace de la carpe royale n'a été détectée, vraisemblablement du fait de la proximité génétique entre la population ancestrale et la carpe royale, qui proviennent toutes deux de France.

La présence de ces 2 populations ancestrales et hongroises pourrait s'expliquer par les vastes programmes de diffusion effectués par l'Etat et la FAO pour ces espèces à travers l'île. Concernant la carpe royale, le plus grand stock ayant été conservé en grande partie dans une station piscicole en Itasy, l'arrivée de la carpe

²³ Ce terme signifie qu'une souche a réussi à capter quelques gènes d'une autre souche.

hongroise, réputée pour sa forte croissance, a conduit les acteurs à éliminer les carpes royales et les remplacer avec les carpes hongroises. En complément de sa proximité génétique probable avec la carpe ancestrale, ceci justifierait en partie sa disparition ou du moins la difficulté de détecter son génotype à l'heure actuelle. Il faut par ailleurs noter que la carpe ancestrale est bien implantée et est celle qui domine parmi les populations d'élevage malgaches.

En résumé, 2 populations de carpes sont présentes à Madagascar, une d'origine ancestrale et une d'origine hongroise plus ou moins introgressée dans la précédente, mais jamais présente à l'état « pur ».

Variabilité génétique des populations d'élevage

Maintenir une grande diversité génétique au sein des populations revient à préserver le potentiel d'adaptation de l'espèce pour faire face à de nouvelles conditions dans son milieu. Plusieurs facteurs peuvent affecter cette diversité génétique, mais les principales en élevage sont la dérive génétique (liée à l'utilisation de faibles effectifs de reproducteurs) et l'introggression de souches d'origine différente.

La connaissance de la variabilité est, de ce fait, importante car une baisse de la variabilité génétique chez le poisson pourrait se traduire notamment par la détérioration du taux de survie, la perte de la capacité de lutte contre les prédateurs et l'altération de capacité d'adaptation lors d'un changement brutal des conditions environnementales.

Cas de la structure génétique des populations de tilapia

Pour pouvoir gérer au mieux les ressources disponibles, il est primordial de commencer par comprendre la structuration des populations existantes. Plusieurs interrogations se posent par rapport à la structure actuelle des populations. Quel est le nombre exact de populations actuellement ? Y-a-il eu des introgressions ou des hybridations ? Quelle est l'origine probable de chaque individu ? Autant de questions auxquelles nous allons essayer d'apporter des éléments de réponse dans cet ouvrage.

Les analyses ont révélé la présence de 3 groupes populationnels distincts. Chaque groupe populationnel est constitué d'individus proches génétiquement.

L'analyse génétique montre 2 groupes proches et majoritaires (85,7% des individus). Cette structuration de la population présente assez peu d'introggression.

De façon concrète, le premier groupe est constitué des populations naturelles d'Atsimo Andrefana, de Miandrivazo, de Vakinankaratra et d'Itasy, la population d'élevage d'Analamanga et près de 69% des géniteurs échantillonnés de la station Kianjasoa dans la région de Bongolava. Le 2^e groupe populationnel est constitué de la population du lac Alaotra et de 81,4% d'individus de l'élevage en Itasy. Devant la difficulté de reconstituer ce qui s'est passé entre 1956 et aujourd'hui, il n'est pas possible de connaître la contribution respective des introductions en provenance de l'Égypte et de l'île Maurice à la génétique des deux groupes identifiés.

La 3^e population identifiée est la population nouvellement importée du Japon, la Nilo-jica, qui se distingue nettement des 2 populations ancestrales.

La diversité génétique est généralement appréciée à partir des estimations de l'hétérozygotie. L'hétérozygotie peut être calculée à partir de la fréquence mesurée des hétérozygotes (nombre des individus hétérozygotes divisé par le nombre total des individus de l'échantillon). Une population avec plus d'individus hétérozygotes détient plus de variabilité qu'une population avec plus d'homozygotes.

A ce jour, il existe peu de données sur ce sujet. La première étude a été réalisée en 2008 sur la carpe commune malgache et camerounaise (Guyomard *et al.*, 2008) et la deuxième en 2012 sur la carpe malgache (Andriambelomanana, 2012). Dans les 2 cas, les résultats ont montré une bonne variabilité des populations locales. Mais cela ne permet pas de conclure sur le statut génétique des populations malgaches. C'est la raison pour laquelle, une étude de plus grande envergure a été menée pour avoir un meilleur aperçu de la diversité génétique existante des populations pour l'ensemble du territoire malgache.

Parmi les 47 populations d'élevage qui ont été analysées, 7 présentent un déficit en hétérozygotie. Ce déficit a été observé dans 2 exploitations piscicoles en Itasy, 4 en Haute Matsiatra et une en Analamanga. Ces résultats montrent que la variabilité génétique des populations de carpes malgaches est globalement bonne avec des pertes de diversité ponctuelles au niveau de quelques rares producteurs.

L'hypothèse principale serait que ces écarts pourraient être attribués à la consanguinité, une des premières raisons évoquées par les acteurs de la filière comme étant à l'origine des faibles productions en élevage. Les analyses ont cependant révélé que les populations d'élevage d'Itasy et de Haute Matsiatra qui sont en déficit, sont en fait constituées de 2 sous populations chacune, ce qui peut faire chuter l'hétérozygotie apparente sans pour autant qu'il y ait réellement perte de variabilité (effet « Wahlund »).

Pour l'exploitation en Analamanga, le faible effectif du stock fondateur ainsi que la gestion des géniteurs semble contribuer à ce déficit. En effet, ces carpes koï, introduites à Madagascar pour l'aquariophilie, ont été utilisées pour l'aquaculture par quelques pisciculteurs qui ont élargi leur stock à partir d'un faible nombre d'individus.

Par conséquent, cette variabilité génétique doit être gérée de manière raisonnée et durable. Cela implique une action sur les systèmes d'élevage notamment la gestion des reproducteurs et sur les flux de géniteurs.

Impact des pratiques d'élevage sur la variabilité et la structure des populations d'élevage

Il est important de connaître s'il y a un impact éventuel des pratiques d'élevage sur la variabilité génétique.

Pour ce faire, 47 exploitations piscicoles ont été analysées. Il y avait aussi bien des PPA, des EP que des producteurs d'alevins qualifiés de PA, et avec une situation intermédiaire entre les formes typiques du PPA et de l'EP. En termes de pratiques, les principales différences concernaient le nombre de femelles par ponte, le nombre total de géniteurs, l'origine des géniteurs en termes de distance, le taux de renouvellement des géniteurs.

Les résultats de variabilité génétique montrent 7 exploitations en déficit. Parmi ces 7 exploitations, 4 étaient des PPA, 2 PA et 1 EP. Plusieurs pratiques peuvent expliquer ce déficit en hétérozygotie notamment :

- 100 % des exploitations ont sélectionné leurs futurs géniteurs à partir de leurs propres descendants ou ont réutilisé les mêmes géniteurs pour la reproduction ;
- Pour une exploitation, bien que les origines des géniteurs étaient diverses, la sélection des géniteurs a été effectuée sur la descendance ;

- Dans la majorité des cas, les pisciculteurs pratiquent peu ou pas de renouvellement du stock de géniteurs ;
- Pour 4 exploitations, l'effectif du stock fondateur est très faible ;
- Pour 2 exploitations, la sélection de géniteurs basée sur le phénotype (couleur) a conduit les pisciculteurs à effectuer la reproduction à partir d'un nombre limité d'individus exprimant ce phénotype, accroissant ainsi le déficit en hétérozygotie.

On peut donc en conclure que globalement la variabilité génétique des différents élevages échantillonnés est bonne. Les déficits observés sont plutôt liés à des problèmes individuels qu'au statut ou type d'élevage. Il est important de remarquer aussi que la multiplicité des producteurs d'alevins avec leurs pratiques diverses (en particulier d'échanges ou de renouvellement de géniteurs) est favorable à l'entretien d'une variabilité génétique satisfaisante.

Les carpes néo-écaillées du milieu naturel

Les carpes actuellement présentes dans le milieu naturel à Madagascar, présentent en général une couverture complète d'écaillures (Figure 11A), et ce fait était établi dès la fin des années 1940 (Kiener 1958). Cependant, ceci est surprenant, car avant 1979, les carpes introduites étaient toutes de type « miroir », et l'on sait que ce type d'écaillure implique qu'elles soient homozygotes pour un allèle *s* muté du gène *fgfr1a*, contrairement aux carpes écaillées qui sont normalement porteuses de l'allèle *S* non muté (Rohner *et al.*, 2009)²⁴. Nous avons analysé 240 carpes du milieu naturel pour la mutation de *fgfr1a*, dont 180 avaient le corps entièrement couvert d'écaillures (Figure 11A), alors que 60 étaient de type « miroir » (Figure 11B). La totalité de ces individus testés était homozygote *s/s* pour l'allèle muté, ce qui signifie qu'elles étaient génétiquement « miroir », et que ces carpes « néo-écaillées » sont de fait des carpes miroirs présentant un nombre important d'écaillures.

Nous avons pu trouver 22 carpes écaillées (Figure 11C) portant le gène *S* non muté à l'état hétérozygote (*n* = 16) ou homozygote (*n* = 6), mais uniquement dans des élevages. L'analyse de la distribution du nombre d'écaillures (Figure 12) nous montre bien que les carpes de génotype *s/s* sont miroir ou néo-écaillées selon qu'elles ont plus ou moins d'écaillures, mais qu'elles possèdent (sauf exception) moins d'écaillures que les carpes écaillées *S/s* ou *S/S*.

Pour tester cette hypothèse, nous avons croisé 4 mâles néo-écaillés avec des femelles miroirs, et en comptant les écaillures de leurs descendants identifiés par génotypage de marqueurs microsatellites, à l'âge de trois mois, nous avons pu montrer une influence génétique des parents sur le nombre d'écaillures de leurs descendants, ce qui montre que sélectionner des parents *s/s* pour leur nombre d'écaillures permet d'augmenter le nombre d'écaillures dans leur descendance. Dès lors, on peut faire l'hypothèse que les carpes « miroir » importées en 1912 et répandues à partir de 1920 se sont sélectionnées naturellement dans le milieu, pour avoir une couverture d'écaillures la plus complète possible. Comme le constatait Kiener en 1958, la forme « miroir » est dominante dans le milieu naturel des régions d'Analamanga (100 % des 16 échantillons génotypés) et de Haute Matsiatra (95,5 % des 66 échantillons génotypés). La forme néo-écaillée domine à Itasy (88,5 % des 26 échantillons génotypés), dans le Vakinankaratra (96 % des 25 échantillons génotypés), en Alaotra (93,3 % des 45 échantillons génotypés) et dans l'Ouest (Menabe et Boeny, 100 % des 13 échantillons génotypés). Cette diversité phénotypique (et génétique pour ce qui

concerne le gène d'écaillure *fgfr1a* ne se retrouve pas dans la structuration génétique des populations naturelles, puisque toutes appartiennent à la même population « ancestrale ». Donc, l'hypothèse la plus probable est qu'il existe des pressions de sélection différentes selon les milieux, aboutissant ou non à l'établissement de populations néo-écaillées. Le fait qu'on ne retrouve pas dans le milieu naturel d'animaux de type génétique hongrois peut aussi être interprété comme un signe d'une bonne adaptation de ces animaux à leur milieu naturel, induisant un faible succès des repeuplements avec des souches d'élevage.

Les carpes néo-écaillées sont donc une spécificité malgache. Elles sont issues d'une évolution rapide de carpes de génotype « miroir » introduites sur l'île en 1912.

PERFORMANCES DES CARPES MALGACHES EN ÉLEVAGE PAYSAN

Mise en place et validation d'un protocole de croisement et de testage

Pour pouvoir obtenir des performances caractéristiques de différentes souches qui permettent de les comparer objectivement, trois conditions essentielles doivent être remplies :

- Produire des échantillons de descendants à comparer représentatifs de chaque souche, c'est-à-dire issus d'un nombre suffisamment important de géniteurs de chaque souche ;
- Produire ces échantillons, le même jour, pour les différentes souches ;
- Pouvoir corriger l'extrême variabilité des conditions d'élevage en étangs.

Pour les deux premiers points, il faut une très bonne maîtrise du plan de croisement. La méthode de choix est l'utilisation de la fécondation artificielle, avec incubation en éclosérie, qui ne va pas de soi dans des conditions de terrain à Madagascar. En 2012 et 2013, nous avons expérimenté la possibilité de le faire au CRFPA d'Antanetimboahanghy. Pour cela, une éclosérie de campagne a été installée avec le soutien de l'APDRA. Des fécondations incluant une formation des acteurs ont été réalisées. En 2012, 30 pères ont été au total croisés avec 9 mères, et en 2013, 43 pères avec 15 mères.

La carpe « cuir », presque totalement dépourvue d'écaillures, est présente à Madagascar et est appréciée par les pisciculteurs et leurs clients pour sa facilité de préparation. Il est souvent dit qu'elle a des performances égales ou supérieures à celles de la carpe miroir, et qu'elle possède également moins d'arêtes intramusculaires. Pourtant, il est connu depuis longtemps en Europe et en Russie que la carpe « cuir » présente des performances de croissance et de survie inférieures à celles de la carpe miroir, et encore plus à celles de la carpe écaillée (Kirpichnikov 1999). De plus, le gène *N* responsable du phénotype cuir est létal à l'état homozygote (Figure 13). Cela a pour double conséquence, une perte systématique sur le taux d'éclosion des descendants de « cuir », ainsi qu'une impossibilité de maintenir une lignée pure de carpes cuir, qui produit aussi nécessairement des carpes miroir. Ceci fait que, depuis plusieurs décennies, les carpes cuir sont éliminées des souches d'élevage européennes. Cependant, étant donné leur attrait pour les pisciculteurs malgaches, il est important d'évaluer leurs performances réelles dans les conditions locales.

Pour comparer les performances, nous avons proposé d'utiliser la méthodologie du témoin interne écaillé (Vandeputte *et al.*, 2002), utilisant les gènes d'écaillure de la carpe (Figure 13) pour produire un lot écaillé, en croisant un père écaillé homozygote *SSnn* avec des femelles miroir *ssnn*, ce qui donne 100 % de *Ssnn* écaillés. Cependant, nous avons vu précédemment que le gène *S* est très rare à Madagascar (et présent uniquement dans les élevages), et du fait de l'impossibilité logistique de marquer et génotyper les

²⁴ Pour davantage d'explication, on pourra se reporter à la Figure 13.

animaux pour le gène *S* avant le croisement de 2012, nous avons choisi de tester le protocole en utilisant des géniteurs écaillés dont nous savions qu’une partie était hétérozygote, et donc qu’ils auraient aussi des descendants « miroir ». Nous avons donc produit en 2012 deux lots issus d’un mélange de géniteurs miroirs différents (MEL1 et MEL2), chacun mélangé avec une partie d’un même lot « témoin interne » partiellement écaillé. L’objectif est d’évaluer si les variations dues au milieu pouvaient être corrigées en mesurant les performances, non pas dans l’absolu, mais par rapport au témoin interne du même bassin.

La Figure 14 montre que les écarts environnementaux sont bien corrigés par le témoin interne. Cela permet d’estimer à 4 ou 5 le nombre de répliques d’élevage par souche et de mettre en évidence un écart de performance de 10 %, que l’on considère comme le minimum présentant un réel intérêt du point de vue du pisciculteur. Nous avons ainsi pu montrer que la technique de comparaison de souches combinant reproduction artificielle et usage du témoin interne écaillé permettait de mettre en place de façon effective un test de performances de souches chez des producteurs paysans.

Quelles performances pour les carpes « cuir » ?

Nous avons mis en place en 2012 un croisement entre 7 femelles miroir et 3 mâles cuir en s’attendant qu’il produise un nombre égal de descendants miroir et cuir sur un même fond génétique.

Etant élevés dans les même bassins, nous avons comparé la performance du miroir et du cuir. Pendant la phase d’élevage larvaire et de prégrossissement, seuls deux étangs sont disponibles pour calculer la survie, l’un étant contaminé par un lot écaillé. La survie des cuirs est inférieure dans chacun des étangs, mais cet écart n’est significatif que dans l’un des étangs. Pour la croissance, le poids moyen des miroirs est supérieur à celui des cuirs dans chacun des trois étangs, et cette différence (miroir : 4.3 g, cuir : 3.3 g) est significative. Sur la première année de grossissement, 4 étangs sont disponibles, et dans deux étangs la survie des cuirs est significativement inférieure à celle des miroirs, alors qu’elle est similaire dans deux autres étangs. En termes de croissance, les différences observées ne sont pas significatives.

Les animaux ont été conservés une année supplémentaire, avec également des carpes écaillées du même âge, puis 10 individus de chaque type ont été filetés, et leurs arêtes intramusculaires comptées. Il apparaît qu’il n’y a aucune différence entre le nombre d’arêtes intramusculaires des carpes cuir, miroir et écaillées (Tableau 1).

Tableau 1 : Poids et nombre d’arêtes intramusculaires (moyenne ± écart-type) de trois phénotypes de carpe (N = 10 par groupe) de même âge, élevés dans le même étang

Phénotype	Cuir	Miroir	Ecaillé
Poids (g)	101,2 ± 26,1	102,8 ± 10,8	141,2 ± 32,1
Arêtes	100,5 ± 2,7	100,3 ± 4,1	100,2 ± 3,6

Au final, on peut donc conclure que les performances de croissance et de survie des carpes cuir sont inférieures ou égales à celles des carpes miroir, cette différence pouvant être assez importante selon les conditions. Elles ne présentent aucun avantage en termes de nombre d’arêtes intramusculaires, le seul avantage restant, étant la facilité de préparation liée au manque d’écailles. Si l’on ne peut empêcher un pisciculteur d’élever ce type de poissons s’il le souhaite, il semble néanmoins nécessaire d’informer sur leurs performances réelles, et de ne pas encourager leur diffusion.

Performances d’élevage des souches Royale, Hongroise et Sauvage

Suite à la validation de la méthode de testage avec témoin interne en 2012, nous l’avons appliquée pour comparer trois populations de carpe en 2013. Les trois populations choisies étaient la carpe « ancestrale », la carpe « royale » et la carpe « hongroise ». Nous savons que les carpes du milieu naturel ne sont pas ou peu introgressées par des carpes d’élevage, et correspondent, sans doute, au plus près à la souche introduite en 1912. Pour ce qui est des carpes royales et hongroises, la différence est beaucoup moins nette. Elles peuvent de fait représenter une souche « moderne » d’élevage, mais aussi, comme on l’a vu lors des enquêtes, une simple description d’un type phénotypique. De plus, nous avons vu précédemment que nous n’arrivons pas à distinguer génétiquement la souche « royale » de la souche ancestrale. Pour sélectionner des géniteurs, compte tenu de la difficulté à les qualifier à l’avance, nous avons collecté des mâles chez trois pisciculteurs en Itasy, l’un revendiquant la possession de carpes « royales », les deux autres de carpes « hongroise ». Au total, 3 mâles «sauvages », 20 mâles « royale », et 20 mâles « hongrois » ont été croisés avec 15 femelles miroir, venant pour l’essentiel du Vakinkankaratra. Nous avons également un mâle écaillé homozygote *SSnn*, marqué individuellement en 2012 et génotypé comme homozygote *S*, qui a été croisé avec les mêmes femelles pour produire un lot de témoin interne, cette fois 100 % homozygote.

Au cours du prégrossissement, un acte de vandalisme ne nous a pas permis de disposer de tous les lots prévus, et l’analyse statistique manque de puissance. On observe une survie supérieure chez les descendants de sauvages par rapport aux descendants de « hongrois », mais cette différence n’est pas significative. Il n’y a presque aucun écart de croissance entre les lots, et cet écart n’est pas significatif. Sur la phase de croissance, nous avons pu obtenir des données sur les 15 lots prévus (50 miroirs et 50 témoins par lot). Les différences de survie sur la phase de grossissement sont faibles et non significatives. En revanche, la croissance des sauvages est plus faible, avec un poids en fin de grossissement inférieur de 11 % à celui des « hongroises » et de 16 % à celui des « royales », les « royales » et les « hongroises » n’étant pas significativement différentes. On peut observer que le témoin interne permet effectivement de bien éliminer la variabilité environnementale entre les étangs (Figure 15).

Pour les sauvages, la performance estimée est sujette à caution, car seuls trois mâles ont été utilisés, et il est donc possible que la moyenne des performances des descendants de ces trois mâles ne soit pas représentative de la moyenne de la population dans son ensemble. Par ailleurs, il convient de noter que les écarts mesurés ici sont établis en comparant des descendance de mâles différents croisés sur les mêmes femelles. La différence entre les lots de descendants, ne provenant que des mâles, ne représente de fait que la moitié des écarts que l’on observerait entre des croisements de souches pures. La croissance des sauvages est donc en réalité de 22 à 32 % plus faible que celle des souches « hongroise » et « royale ». Un autre élément à prendre en compte est que les performances observées peuvent être biaisées par des effets d’hétérosis (combinaisons entre souches). Cependant, les souches étant peu distantes génétiquement, il est probable que cet effet soit faible et que les performances reflètent bien la valeur génétique additive des souches.

Les analyses génétiques faites *a posteriori* montrent que le lot qualifié de « royale » est celui pour lequel on trouve une certaine introgression de souche hongroise (population 30, Figure 10) mais qu’il est majoritairement d’origine ancestrale, alors que le lot qualifié de « hongroise » (population 36, Figure 10) est exclusivement composé de carpe ancestrale. Ceci illustre bien la difficulté d’identification des « souches », et montre aussi que la souche ancestrale d’élevage est a priori plus performante que la souche ancestrale du milieu naturel. Il reste qu’il faudrait pouvoir effectuer une comparaison de performances avec une souche comportant plus de sang hongrois que la souche « royale » que nous avons testée, afin de voir si les géniteurs à forte proportion de sang hongrois produisent des descendance plus performantes.

Résultats/Recommandations

RELECTURE DE LA MÉTHODE

Ce travail permet de réinterroger de façon intéressante celui réalisé sur la description de l'innovation que constitue la maîtrise de la reproduction de la carpe en rizière. Force est de constater que la dynamique de sa diffusion reste compliquée à appréhender. Benz et Oswald (2010) envisageaient sur la région de Betafo (et plus précisément le fokotany de Andriamasoandro) une diffusion de cette pratique à large échelle à partir du milieu des années 1980 et qui aurait aussi bénéficié d'un cadre incitatif entre 85 et 87 par le projet (projet MAG/82/014). Il faut de plus signaler que Lemasson dès 1954 parle de paysans ayant réussi à maîtriser spontanément cette technique mais à une échelle très limitée, la plupart des pisciculteurs et des riziculteurs s'approvisionnant en alevins du milieu naturel offert par des pêcheurs. Une hypothèse soutenue était que la prolifération des tilapias de la fin des années 50 (Lemasson, 1960) aurait diminué la disponibilité d'alevins de carpe et aurait donc créé des conditions plus favorables pour l'adoption de cette nouvelle pratique de reproduction.

Si l'on retient l'hypothèse d'une faible introgression de la carpe malgache par la souche hongroise introduite à partir de 1979, l'un des facteurs explicatifs pourrait être ce niveau élevé d'écloseries paysannes qui constitue un frein à la diffusion de nouvelles souches car à moins d'avoir un système extrêmement bien organisé, le stock de géniteurs en place est forcément bien plus nombreux que le stock de nouveaux géniteurs de remplacement. Un autre facteur, non exclusif du précédent est que ces souches auraient été effectivement diffusées à large échelle plusieurs années après leur introduction et, en tout cas, après une diffusion à large échelle des pratiques de reproduction de la carpe chez les paysans. Il en découle vraisemblablement que le processus de diffusion dans sa globalité était concomitant de celui décrit sur Betafo et d'une ampleur bien plus importante que ce qui est habituellement décrit.

Cependant il convient de rappeler un certain nombre de limites à ces deux méthodes. Celles du diagnostic des systèmes d'élevage ont été évoquées précédemment. Sur le plan génétique, les analyses ne portent que sur un nombre assez limité de microsatellites (12) qui ne peuvent garantir une vision exhaustive de l'intégralité du génome, mais surtout manquent d'échantillons de référence pour ce qui est des souches ancestrale (1912) et royale (1959), ces souches n'étant aujourd'hui plus conservées en France. Ceci peut conduire à considérer comme une seule population « malgache » ce qui pourrait être un mélange de deux populations ancestrale et royale. Enfin, les gains supposés de la souche élevée par rapport à la souche sauvage reposent sur une comparaison non valide scientifiquement (le groupe sauvage n'était représenté que par 3 parents). De façon secondaire, les conséquences de critères ou de pratiques retenus par les éleveurs sur d'éventuelles améliorations de la valeur commerciale des carpes élevées ont peu été interrogées.

AUTRES RÉSULTATS

Les résultats des analyses génétiques montrent finalement une bonne diversité de l'ensemble des populations de carpes d'élevage, qui est comparable à la diversité des souches de référence européennes. Des points très localisés de perte de variabilité peuvent apparaître, mais ne sont absolument pas généralisés. Par ailleurs, il apparaît, de manière concordante avec les enquêtes, que les dénominations « royale » et

« hongroise » ont aujourd'hui peu de rapport avec l'origine génétique des souches, puisque nous n'avons pas pu différencier génétiquement les carpes royales, et que les « hongroises » sont au mieux des populations de carpes ancestrales malgaches introgressées à quelques dizaines de pourcents par des carpes hongroises. Il pourrait être intéressant de tester les performances d'animaux ayant une part significative de sang hongrois, mais cela nécessiterait un marquage préalable des individus et un génotypage pour identifier a priori et non a posteriori les géniteurs intéressants. On peut constater également que la très grande majorité des carpes élevées aujourd'hui à Madagascar dérive de l'introduction initiale de 1912, et que le taux de pénétration des souches hongroises est resté faible, probablement du fait de l'existence de nombreux producteurs d'alevins déjà au moment où elles ont été diffusées. Cependant, si ce nombre peut être un frein à la diffusion de souches potentiellement améliorées, il est aussi à l'évidence très positif pour maintenir une bonne diversité génétique des populations, ce qui est le cas à l'heure actuelle.

Nous avons pu aussi constater la présence de carpes « koï » dans certains élevages, ce qui montre une porosité des frontières. Ceci doit être pris en compte, car l'absence à ce jour de virus KHV sur Madagascar risque de n'être que temporaire si les introductions continuent. Enfin, l'absence de souches hongroises en milieu naturel montre de manière indirecte que les repeuplements de carpe sont peu efficaces, au moins pour permettre le développement d'animaux aptes à se reproduire ensuite dans le milieu naturel, probablement du fait de pressions de sélection très fortes, mises en évidence par ailleurs par l'apparition des carpes « néoécaillées ».

Un tout autre résultat de ce travail est qu'il a réussi à susciter un cadre de concertation entre les principaux acteurs institutionnels de la recherche et du développement. L'interrogation sur la génétique de la carpe d'élevage et sur le tilapia s'est montrée fédératrice et a permis une investigation à une échelle non explorée depuis des décennies. Les conclusions des analyses donnent un regard nouveau sur les réalités piscicoles décrites et apportent de précieuses informations pour l'élaboration des stratégies d'appui à ce secteur. Le prolongement de cette dynamique de concertation semble constituer un atout pour l'avenir de ce secteur.

QUELLES RECOMMANDATIONS POUR LE DÉVELOPPEMENT DE LA PISCICULTURE ?

L'étude nous a montré de façon claire que le système actuel comprenant des centaines d'écloseries de tailles très diverses a de fait permis une bonne conservation de la variabilité génétique des carpes sur Madagascar, avec une population d'élevage essentiellement issue de l'introduction initiale de 1912. Nous avons par ailleurs observé très peu de signes de consanguinité au niveau des analyses génétiques. Cette homogénéité combinée à la bonne variabilité observée est en accord avec les pratiques observées, qui montrent d'une part l'existence d'un grand nombre d'écloseries, et d'autre part, à l'échelle de quelques années, des pratiques d'échanges de géniteurs assez systématiques, qui sont de nature à homogénéiser les populations et à permettre une conservation de la variabilité. L'efficacité et la résilience permises par ce système multi-acteurs doivent être reconnues, et les améliorations à apporter doivent se situer dans ce cadre préexistant pour pouvoir fonctionner. En particulier, pour limiter les quelques points de consanguinité observés, promouvoir des échanges de géniteurs plus systématiques à l'échelle locale pourrait être une action efficace. Pour protéger cette ressource génétique qu'est la carpe malgache d'une menace bien réelle qui est le virus KHV (bien plus grave qu'une supposée consanguinité qui n'existe pas dans les faits), il est aujourd'hui essentiel d'avoir aussi un contrôle beaucoup plus strict des importations, y compris sur le marché limité de l'ornement.

Les recommandations en matière de production d'alevins de tilapia

Une grande diversité de méthodes pour la production d'alevins de tilapia pourrait être proposée, mais le choix devra tenir compte de considérations techniques : la technique doit pouvoir facilement être reproduite, ce qui renvoie aussi à des éléments socio-économiques.

Bien que très répandus, les élevages en classes d'âges mélangées d'*O. niloticus* dans un étang unique pratiqués par le type 1, n'ont pas été caractérisés au cours de cette étude. Il est donc difficile de se positionner. Théoriquement, ces systèmes à un seul étang peuvent constituer un réservoir de variabilité génétique, ou, au contraire, un stock de poissons dégénérés si les flux de poissons entre fermes ou avec le milieu naturel ne sont pas suffisants. La pratique la plus fréquente est que le pisciculteur a tendance à consommer et vendre ses plus gros poissons et à ré-empoissonner le cycle suivant par les plus petits d'âge inconnu.

Pour certains auteurs (Brummett et Ponzone, 2004) cette pratique encourage la sélection de poissons, disposant d'une faible croissance et doit être critiquée. Pour certains, ceci justifierait les introductions de souches de tilapias sélectionnées, mais il convient, cependant, de s'interroger sur les qualités des populations locales qui ne sont pas nécessairement mauvaises. Un certain amalgame est parfois entretenu car, le plus souvent, on ne différencie pas l'effet de l'âge - les alevins de même poids n'ayant pas du tout le même âge dans les différents systèmes - et l'effet d'une éventuelle différence de performances liée à la qualité génétique des souches. Les essais d'élevage conduits en cages dans le canal des Pangalanes (ARDA, 2006) ont montré que les populations utilisées avaient un potentiel de croissance. Il paraît donc utile de procéder à la caractérisation de la population ou des populations entretenues par l'ensemble de ces **éleveurs**.

conserver que les individus les plus performants pour les critères affectés par cette consanguinité en veillant toutefois à ne pas induire de perte de variabilité génétique, ou encore, si les structures d'élevage le permettent, d'entretenir 2 sous-populations indépendamment que l'on « croise » à chaque génération. Pratiquement, dans le cas du tilapia, il faut veiller à ce que l'effectif de géniteurs mis en reproduction, soit important avec un sexe ratio correct et, d'autre part, éliminer les poissons présentant des conformations anormales. Une récolte précoce des alevins destinés à être les futurs géniteurs limite la mise en place des rapports de dominance entre les géniteurs qui interdisent à une portion des géniteurs de participer à la reproduction.

Ces recommandations peuvent aussi être appliquées à un stock fermé c'est-à-dire un stock sur lequel on ne souhaite plus réaliser de nouvelles introductions. Le risque majeur affectant une gestion de ce type reste ici encore la dérive génétique entraînant une perte de variabilité génétique et une consanguinité. En théorie, cette perte de variabilité génétique peut être limitée par une gestion rationnelle des stocks en évitant tout goulot d'étranglement (faibles effectifs de géniteurs à un moment donné de la gestion). La perte de variabilité génétique

entre deux générations impliquant 40 géniteurs choisis dans de familles différentes et participant tous à la reproduction est de l'ordre de 1 %.

Pour la gestion des stocks ouverts, lorsque le pisciculteur est favorable à de nouvelles introductions, il est facile d'envisager une limitation de ces risques par des introductions régulières à partir de stocks naturels. Il a été démontré qu'un effectif relativement restreint d'individus, une dizaine, issus de la population naturelle et introduits dans la population captive (quelle qu'en soit la taille) suffisait à assurer une relative homogénéité génétique entre la population d'élevage et celle sauvage. Pratiquement, les techniques recommandées pour la truite (Chevassus, 1989), s'appliquent à la situation de ces élevages : pratiquer cette introduction en 2 temps, premièrement, croisement entre femelles domestiques et mâles sauvages aboutissant à la constitution d'un lot hybride ; dans un deuxième temps, intégration d'une partie de ces individus (mâles et femelles) hybrides dans le stock de géniteurs de la population domestique. Cette opération, complexe mais sûre, peut n'être réalisée que de manière espacée, la population étant entre-temps gérée comme une population fermée.

Tableau 2 : Performance de quelques techniques de production d'alevins d'*Oreochromis niloticus*.

Techniques utilisées	Durée du cycle de reproduction (jours)	Nombre d'alevins	Auteur
al./m²/mois	+/- 300	0.46 à 1.23	Liétar (1984)
Classes d'âge séparées (étangs de reproduction...)	90	45	Lazard <i>et al.</i> (1990)
	40	218 à 532	Mélard <i>et al.</i> (1994), Mahaman <i>et al.</i> (1997)

Les systèmes d'élevages des types 2 et 3 reposent sur une séparation de la phase de reproduction des phases de (pré-)grossissement. Ceci suppose de disposer d'au moins un deuxième étang ou d'acheter des tilapias pré grossis auprès d'autres producteurs. Ici aussi, la prise en compte des moyens et attentes du pisciculteur reste capitale. Le tableau 2 présente à titre indicatif, les performances de quelques méthodes utilisées dans différents contextes.

Quelque soit la méthode retenue, une gestion appropriée des stocks de géniteurs reste indispensable pour la conservation de la variabilité génétique des alevins produits. L'augmentation de consanguinité et la perte de la variabilité génétique se traduisent généralement par une baisse notable des performances des individus. Pour pallier à ce risque à l'échelle d'une ferme isolée, les principales mesures préconisées consistent à augmenter l'effectif efficace de géniteurs : ne

En ayant montré la bonne performance des souches d'élevage actuelle, nous pouvons affirmer qu'il n'est aucunement indispensable aujourd'hui de chercher à tout prix à introduire des souches plus « performantes ». L'expérience de la souche hongroise montre une pénétration relativement faible (sans être du tout négligeable). Elle montre surtout l'incapacité du système à conserver une traçabilité assurant la pureté des souches, puisqu'aucun des élevages échantillonnés ne possédait de carpe hongroise pure, mais au mieux des hybrides possédant une moitié de sang hongrois. Si le système est résilient, ce qui fait sa force, il est donc par ailleurs difficile de penser pouvoir mettre en place un système de sélection - diffusion centralisée de poissons « améliorés ». Il pourrait cependant être intéressant d'identifier des géniteurs ayant une proportion sensible de sang hongrois afin de tester leurs performances par rapport à la souche « malgache », avec les méthodes de testage que nous avons adaptées au contexte local, afin de voir s'il serait intéressant ou non de chercher à augmenter la proportion d'origine hongroise dans les populations d'élevage actuelles.

Au final, on se retrouve dans la situation curieuse où la souche prétendue, en fait, n'a pas de réalité génétique et où seule l'apparence du poisson donnée par des points de forme ou de type d'écaillure donne ses qualités commerciales à la « souche ». Il est intéressant de noter que des pisciculteurs qui pensaient avoir des hongroises ont des royales et vice versa, des carpes qualifiées de royales ont davantage d'introgression de la souche hongroise. Ces caractères de forme et d'écaillure sont néanmoins observables et héréditaires,

et relativement peu influencés par le milieu. Il est aussi à rappeler que les mêmes noms de variétés ne désignent pas les mêmes phénotypes selon les régions et les types de pisciculteurs²⁵. Ce travail souligne qu'une promotion d'une souche prétendue meilleure, est de nature à stimuler des réactions déjà rencontrées chez des acteurs : la recherche des plus belles carpes, la promotion de belles carpes (qui deviennent celles du pisciculteur). Ceci induit une déviation entre une souche dont les qualités seraient garanties et qui nécessite des soins particuliers pour être entretenue et un dérapage vers la vente de géniteurs dont l'unique qualité serait une apparence attrayante sans aucune garantie sur la rigueur de la gestion génétique sous-jacente. L'irruption des Koï est une autre illustration de cette recherche de « belles variétés » et montre bien que cette motivation ne s'accompagne pas d'une amélioration des conditions de production et de sélection des géniteurs. La notion de belle carpe, pour être pleinement efficace, doit être partagée au sein d'une communauté disposant d'un réseau suffisamment vaste d'écloseries interconnectées.

Il est malgré tout probablement possible de produire des souches améliorées, mais il faudra pour cela cibler des caractères phénotypiques simples, tels que quantité d'écaillés, couleur ou forme, et mettre en place ces programmes de façon participative dans des réseaux d'éleveurs locaux ayant un accord sur des objectifs de qualité « visuelle » du poisson, qui peuvent être demandés par le marché. Ceci est bien montré par l'exemple des carpes « cuir » qui continuent d'être élevées malgré leurs défauts de survie et de croissance. Par contre, dans ce type de conditions, vouloir améliorer des caractères quantitatifs très influencés par le milieu comme croissance et survie, serait à l'évidence beaucoup plus difficile et d'un intérêt commercial peut-être moins évident.

Pour ce qui est des carpes « cuirs », on constate qu'il s'agit d'un phénotype recherché, mais nous avons montré que les défauts de croissance et de survie connus dans les systèmes d'élevage européens existaient aussi à Madagascar. Un objectif de sélection intéressant, à tester dans un réseau participatif comme évoqué plus haut, pourrait être de sélectionner des carpes miroirs présentant le moins d'écaillés possibles, tout en évitant le gène « cuir » qui possède des effets pléiotropiques²⁶ néfastes sur la survie et la croissance. Une telle souche pourrait être bien adaptée au marché malgache.

Enfin, c'est plus un constat qu'une recommandation, l'absence totale de sang « hongrois » dans les carpes du milieu naturel, montre que les repeuplements tels qu'ils ont été pratiqués, ont peu d'impact de long terme, même si l'on ne peut exclure un effet transitoire de courte durée. Cette pratique mérite, à tout le moins, d'être interrogée au regard de son coût. Cette inefficacité des repeuplements n'est pas une spécificité malgache, l'efficacité du repeuplement des milieux aquatiques est largement contestée pour de multiples raisons (Araki et Schmid, 2010).

Comme dit précédemment, toute approche ne tenant pas compte de la diversité et de l'étendue réelle du réseau des producteurs d'alevins de carpe court le risque de ne pas réussir, si elle ne prend pas en compte les dynamiques effectivement en place. En montrant que les dynamiques en marge des PPA conservent un rôle déterminant dans l'entretien de la génétique des populations des carpes élevées, cette étude rappelle qu'il ne paraît pas raisonnable de concevoir des programmes d'amélioration excluant une partie des acteurs. Pour avoir des chances d'atteindre ses objectifs, tout projet devra tenir compte de la globalité et du dynamisme de ce secteur qui constitue l'un des résultats tout à fait majeur de cette étude. Ceci n'était pas le cas des approches précédentes de l'amélioration de la génétique de la carpe d'élevage se restreignant aux PPA ou aux écloseries paysannes. Au vu de la structure de la population, un service centralisé n'a pas les ressorts

²⁵ Les résultats d'un quiz indiquaient un rattachement aléatoire des individus aux grandes souches censées être présentes dans les élevages de Madagascar. Malheureusement la suite du travail a remis en cause les critères d'identification génétiques des souches dans ce test. Nous pensons cependant que les résultats seraient similaires avec les bons critères.

²⁶ Se dit lorsqu'un même gène a des effets sur plusieurs caractères.

pour entretenir cette diversité. De nouvelles modalités sont à trouver pour permettre la participation de l'ensemble des acteurs en fonction de leurs réseaux respectifs, des différents systèmes d'élevage mis en œuvre, des localisations des circuits d'échange. Force est de constater que ce genre d'approche ne fait pas partie des habitudes actuelles de travail des institutions en charge du développement de la pisciculture.

De façon plus technique, en termes d'entretien de la variabilité dans les élevages, les recommandations suivantes peuvent être formulées :

- Pour des élevages détenant un nombre important de géniteurs, l'entretien de la diversité génétique peut se faire par l'utilisation de géniteurs différents pour la reproduction, ceci impose cependant un suivi strict des descendance des différents géniteurs ;
- A partir d'un très faible nombre de géniteurs, il est impossible d'entretenir une diversité génétique suffisante, il est alors recommandé de favoriser les échanges de géniteurs entre les pisciculteurs. L'organisation de réseaux stables seraient un plus car ils permettraient de garantir une variabilité du fait de l'implication connue et systématique d'un nombre de géniteurs élevé. Des organisations sont possibles à mettre en place à l'échelle d'un bassin versant, d'un fokontany, d'un district, etc. ;
- De toute façon, il faut favoriser la multiplicité des producteurs d'alevins puisqu'elle permet de maintenir la variabilité et elle permet de plus, de faciliter l'accès des grossisseurs aux alevins. Elle rend aussi plus facile le renouvellement des géniteurs par ces derniers ;
- L'échange de géniteurs à des échelles variées est également à encourager. Ici, elle est peut-être d'abord tout simplement à reconnaître au vu de la forte intensité des échanges découverts.

Conclusion

Cette étude constitue un bon exemple d'enrichissement réciproque d'un objet d'étude commun, l'évolution de la pisciculture de la carpe à Madagascar, par deux approches disciplinaires très différentes. L'approche génétique qui se centre sur la dynamique d'évolution de la population de la carpe d'élevage, et le diagnostic des systèmes d'élevage de la carpe qui se focalise sur leur évolution, s'enrichissent ici mutuellement. L'approche génétique donne des clés quantitatives à la description des pratiques et des trajectoires des pisciculteurs qui constituent l'un des éléments essentiels de la caractérisation des systèmes d'élevage. Sur le processus de diffusion, elle souligne une ampleur bien plus importante que celle constatée mais qui aurait été extrêmement difficile à quantifier à travers des entretiens visant à recueillir l'historique des pisciculteurs. L'approche génétique, en retour, a pu bénéficier de la description de nombreuses pratiques d'échange de poissons permettant de contextualiser les résultats de l'analyse globale.

Grâce à ce projet, l'étude menée marque donc une étape importante d'actualisation des questions du développement piscicole en général et de la carpe en particulier. Le système planifié de diffusion d'une « meilleure » souche par un réseau de PPA, n'a pas permis d'entretenir des souches de hongroises ou royales pures, et les PPA ne proposent pas de poissons différents du stock disponible dans d'autres élevages. Cependant, il faut aussi reconnaître que ce système a malgré tout fonctionné, d'une manière différente de celle qui était attendue. En ce sens, on retrouve tout de même des gènes hongrois dans la population élevée. Il y a eu vraisemblablement introduction d'une plus grande variabilité suite à l'introduction des souches hongroises (et peut-être royales). Au final, le système a donc permis de maintenir une variabilité suffisante. Le système en place, non formalisé, incluant un grand nombre de petites écloseries a abouti à une souche

élevée avec une introgression de « sang » royal et hongrois. La situation de la carpe à Madagascar est originale en ce sens que les qualités génétiques des carpes élevées reposent sur une contribution importante des petits éleveurs à l'entretien de la variabilité des espèces élevées. S'ils veulent participer à la promotion de la pisciculture de ce poisson, les politiques et projet de développement devront intégrer cette réalité.

Références bibliographiques

- Andriambelomanana F., 2012 : *Etude biométrique et génétique de trois populations de Cyprinus carpio* (Linnaeus, 1758) *dans la région de Vakinankaratra-Madagascar*. Mémoire de DEA. Université d'Antananarivo-Madagascar, 80p.
- Andrianajoana C., Kasprzyk Z.W. et Dasyva G., 1992 : *Pêches et aquaculture à Madagascar : bilan diagnostic*, Antananarivo. FAO, 153 p.
- Araki H., Schmid C., 2010 : Is hatchery stocking a help or harm? Evidence, limitations and future directions in ecological and genetic surveys. *Aquaculture* 308 (2010) S2-S11.
- ARDA, 2006 : *Projet pilote d'élevage du tilapia Oreochromis niloticus en cage flottante dans le Canal des Pangalanes à Madagascar*. Rapport technique final - ARDA, La Réunion, 29 p.
- Arrignon J., 1963 : *Hydrobiologie appliquée et pisciculture. Publications du Service des Eaux et Forêts - Ministère de l'Agriculture et de la Réforme Agraire*, Alger, Imprimeries la Thipo-Lytho et Carbonnel réunies, 101 p.
- Balon E., 1995 : Origin and domestication of the wild carp, *Cyprinus carpio*: from Roman gourmets to the swimming flowers. *Aquaculture*, 129(1-4), pp.3-48. Available at : <http://linkinghub.elsevier.com/retrieve/pii/004484869400227F>.
- Bentz B., & Oswald M., 2010 : *Respective roles of national institutions and farmers groups in the implementation of an innovation enabling smallholders to reproduce carp inside their rice fields in Betafo* (Madagascar). Colloque IDSA, 28 juin-1^{er} juillet 2010, Montpellier, France. <http://hal.archives-ouvertes.fr/hal-00522795/fr/>
- Bont A.F. De, 1950 : *Culture des Tilapia*. Comptes rendus de la conférence piscicole anglo-belge. Elisabethville 1949. Ministère des Colonies, Bruxelles 1950, pp. 322-334.
- Bouayad-Agha M., Clément J., & Guillaume J., 1995 : *Gestion sociale de l'eau sur les réseaux d'irrigation traditionnels - Région de Betafo - Vakinankaratra - Madagascar*, Mémoire de fin d'étude, Montpellier, ENS/CNEARC, 165 p.
- Brummett R. E. et R. Ponzoni, 2004 : Genetic quality of domesticated African tilapia populations. *Journal of Fish Biology*, 65, 315-315.
- Chevassus B., 1989 : Aspects génétiques de la constitution de population d'élevage destinées au repeuplement. *Bull. Fr Pêche Piscic.* (1989) 314 : 146-168. www.kmae-journal.org/articles/kmae/pdf/1989/03/kmae198931407.pdf
- Dural D., 1994 : *Le développement de la (rizi)pisciculture en milieu rural sur les hautes plateaux malgaches - Mythe ou réalité ?*. Montpellier, CNEARC, 59 p.
- EPP/PADR, 2006 : PRDR - *Programme Régional de Développement Durable - Région du Vakinankaratra*. Antananarivo, Primature, 138 p.
- FAO, 2004 : *Fisheries Aquaculture extension in sub-Saharan Africa*. FAO Fisheries Circular N° 1002, Department, Inland Water Resources and Aquaculture Service, FAO, Rome, p.55.
- Guyomard R., Launay A. et Vandeputte M., 2008 : *Analyse de la variabilité et de la structure génétique de populations de carpe commune de Madagascar et du Cameroun*. Etude APDRA-F-INRA, 2007-2008, APDRA-F, Massy, 13 p.
- Haenen O.L.M. et al., 2004 : The emergence of koi herpesvirus and its significance to European aquaculture. *Bulletin of the European Association of Fish Pathologists*, 24, pp.293-307.

- Hanitrynyony M.V., 1999 : *Contribution à l'étude de la performance des carpes hongroises*. Antananarivo : Ecole Supérieure des Sciences Agronomiques.
- Kestemont P., Micha, J.C. & Falter U., 1989 : *Les Méthodes de Production d'Alevins de Tilapia Nilotica*, ADCP/REP/89/46, Département des pêches, Archives de la FAO, 132.p. <http://www.fao.org/docrep/t8655f/t8655f00.htm#Contents>
- Kiener A., 1956 : Kiener, Elevage du tilapia à Madagascar. *Bull Madagascar*, (124), pp.762-784.
- Kiener A., 1958 : Intérêt et perspectives de la pisciculture de la carpe à Madagascar. *Bull Madagascar*, (147), pp. 693-702.
- Kiener A. & Therezien Y., 1958 : Développement et orientation de la pisciculture à Madagascar. *Bull. Fr. Piscic.* (1958) 191 pp. 75-85. <http://dx.doi.org/10.1051/kmae:1958004>
- Kiener A., 1963 : Poissons, pêche et pisciculture à Madagascar. *Publication n° 24 du Centre technique forestier tropical*, 198 p. + annexes. Nogent sur Marne, France : Editions du CTFT.
- Kiriloff M., 1989 : *Gestion des stations piscicoles, Antananarivo*, FAO Project Reports, 49 p.
- Kirpichnikov V.S., 1981 : *Genetic bases of fish selection*, Berlin: Springer-Verlag.
- Kirpichnikov V.S., 1999 : *Genetics and breeding of common carp*. INRA Editions, Paris, p.97.
- Kollros J., 2004 : *Etude de la place de la (rizi) Pisciculture dans une petite région du Vakinankaratra*. Mémoire de fin d'étude Istom, Cergy, Istom, 85 p.
- Lemasson L., 1954 : Pisciculture en rizière à Madagascar. *Bois et Forêts des Tropiques*, 35, pp. 42-43.
- Landais E., Lhoste P. et Milleville P., 1987 : Points de vue sur la zootechnie et les systèmes d'élevage tropicaux. *Cah. Sci. Hum.* 23 (3-4) 1987 : 421-437.
- Landais E., 1992 : Tendances actuelles des recherches sur les systèmes d'élevage : exemples de travaux du département « Systèmes Agraires et Développement » de l'INRA ». *Cahiers Agricultures* n° 1 : 55-65.
- Landais E., 1994 : *Système d'élevage - D'une intuition holiste à une méthode de recherche, le cheminement d'un concept*. Chapitre d'ouvrage p 15- 49, dans « Dynamique des systèmes agraires - A la croisée des parcours – Pasteurs, éleveurs, cultivateurs. »
- Lardinois P.F., 1992 : *Développement d'une nouvelle approche de développement piscicole - expérience de la région-pilote du Vakinankaratra*. Rapport final d'activités, Antsirabe, FAO Project Reports, 16 p.
- Lazard J., Morissens P., Parrel, P., Aglinglo C., Ali I. et Roche P., 1990 : *Méthodes artisanales d'aquaculture du Tilapia en Afrique*. CTFT. Départ. du CIRAD, Montpellier, 82 p.
- Lemasson L., 1957 : Chronique piscicole : réflexions sur la pêche et la pisciculture à Madagascar, pp. 57-61. *Bois et Forêts des Tropiques*, 52, pp. 57-61.
- Lemasson L., 1960 : Nouvelles réflexions sur la pêche et la pisciculture à Madagascar. *Bois et Forêts des Tropiques*, 69, pp. 54-57.
- Lemasson L. & Bard J., 1964 : Bilan de la pisciculture dans neuf états d'Afrique Tropicale, *Notes et documents sur la pêche et la pisciculture*, Décembre 1964 Série DG22. Centre Technique Forestier, Paris, 32.p.
- Liétar C., 1984 : Rentabilité d'une ferme piscicole commerciale en République Centrafricaine. FAO Document technique n° 18. <http://www.fao.org/docrep/field/003/AB625F/AB625F00.htm>
- Mahaman A., Mikolasek O., Lazard J. et Baroiller J.F., 1997 : *Intensification of nile tilapia (Oreochromis niloticus) fry production in the African Sahel - Example of Niger*. Fitzsimons, K. (Ed.), Fourth International Symposium on Tilapia in Aquaculture, Orlando, USA.

Mélard C., Desprez D., et Philippart JC., 1994 : Le contrôle du sexe chez les tilapias : bilan et perspectives de recherche à la station aquacole de Tihange. *Cahiers d'Ethologie*, 13 (4) : 421-434.

Ministère de l'Élevage et des Ressources Halieutiques de Madagascar, 1992 : *Manuel pour le développement de la pisciculture à Madagascar*. Document technique n°4, Projet MAG/88/005, Antsirabe, FAO, 223 p. <http://www.fao.org/3/contents/688b9039-0eeb-5d1d-a4f3-8c2e4fdafbdba/AB847F00.htm#TOC>

Moreau J., 1980 : Le lac Alaotra à Madagascar, 50 ans d'aménagement des pêches. Cah. ORSTOM, sér. Hydrobiol., 13, 171-179. http://horizon.documentation.ird.fr/exl-doc/pleins_textes /cahiers/hydrobio/00205.pdf

Moreau J., Arrignon J. & Jubb R.A., 1988 : Les introductions d'espèces étrangères dans les eaux continentales africaines : intérêt et limites. In C. Lévêque & M. N. Bruton, eds. *Biologie et écologie des poissons d'eau douce africains*. Paris, France, pp. 329-425.

Moreau J., 1988 : The Status of Wild and Cultured Tilapia Genetic Resources in Various Countries, Madagascar. In R.S.V. Pullin, ed. *Tilapia Genetic Resources for Aquaculture*. Proceedings of the Workshop on Tilapia Genetic Resources for Aquaculture 23-24. March 1987 Bangkok, Thailand. ICLARM Conference Proceedings 16. Philippines.

Pichon J., 1986: *Réalisation d'un projet de station piscicole à Andepombe. Madagascar*, Rome, FAO, 67 p.

Pierre Bernard A., Ramboarizo R., Randrianarison L. et Rondro-Harisoa L., 2007 : *Les implications structurelles de la libéralisation sur l'agriculture et le développement rural* - Première phase : synthèse nationale. Madagascar, Banque Mondiale / Coopération Française / APB consulting, 226 p.

Raison-Jourde F. et Randrianja S., 2002 : *La nation malgache au défi de l'ethnicité*. Editions Karthala. Paris, 448 p.

Rakotoambinina S., 1989 : *Étude de faisabilité socio-technico-économique de la pisciculture en cage au Lac Itasy*. Mémoire de fin d'Étude UFSH ; Projet PNUD/FAO/MAG 84002 ; Université de Toliara-Madagascar, 145 p.

Rakotoambinina S., Desprez D., David G., Bosc P., Le Roux Y., 2009 : Caractérisation des environnements écologiques et socio-économiques de la production piscicole continentale à Madagascar. *Les Cahiers d'Outre-Mer*, n° 248, p. 471-488.

Rakotoambinina S., 2011 : *Contexte socio-économique de la production halieutique et perspective de développement de la pisciculture continentale à Madagascar* : Le cas du lac Itasy. Thèse de Doctorat à l'IHSM - Université de Toliara, 157 p.

Ranaivoarisoana D.J.B., 1992 : *Les producteurs privés d'alevins en milieu rural dans la région pilote du Vakinankaratra (Madagascar)*, Antsirabe. Madagascar, Rome, FAO, 72 p.

Refaliarison J., 2005 : Vue générale du secteur aquacole national - Madagascar. Département des pêches et de l'aquaculture de la FAO. Rome. Mis à jour 1 february 2005. http://www.fao.org/fishery/countrysector/naso_Madagascar/fr consulté le 9 /12/2014.

Rohner N. et al., 2009 : Duplication of fgfr1 permits Fgf signaling to serve as a target for selection during domestication. *Current biology*, 19(19), pp.1642-7. Available at : <http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/19733072> [Accessed november 17, 2014].

Teriipaia A., Odru M. et Oswald M., 2013 : *Etat des lieux des producteurs d'alevins de carpe à Madagascar, une approche par le système d'élevage*. Document présenté à l'atelier au FIAP de l'APDRA le 22/2/2013, 13 p. APDRA, Massy.

Therezien Y., 1960 : L'introduction de poissons d'eau douce à Madagascar, leur influence sur la modification du biotope. *Bull. Fr Pêche Piscic.* (1960) 15 : 61-199. <http://www.kmae-journal.org> or <http://dx.doi.org/10.1051/kmae:1960001>

Van den Berg F. et Janssen J., 1994 : *Manuel pour le développement de la pisciculture a Madagascar. v. 2 : Marketing et gestion financière d'une micro-entreprise de production d'alevins en milieu rural*, Antananarivo, FAO, 88 p.

Vandeputte M. et al., 2002 : Comparison of growth performances of three French strains of common carp (*Cyprinus carpio*) using hemi-isogenic scaly carp as internal control. *Aquaculture*, 205 (1-2), pp. 19-36. Available at : <http://linkinghub.elsevier.com/retrieve/pii/S0044848601006615>.

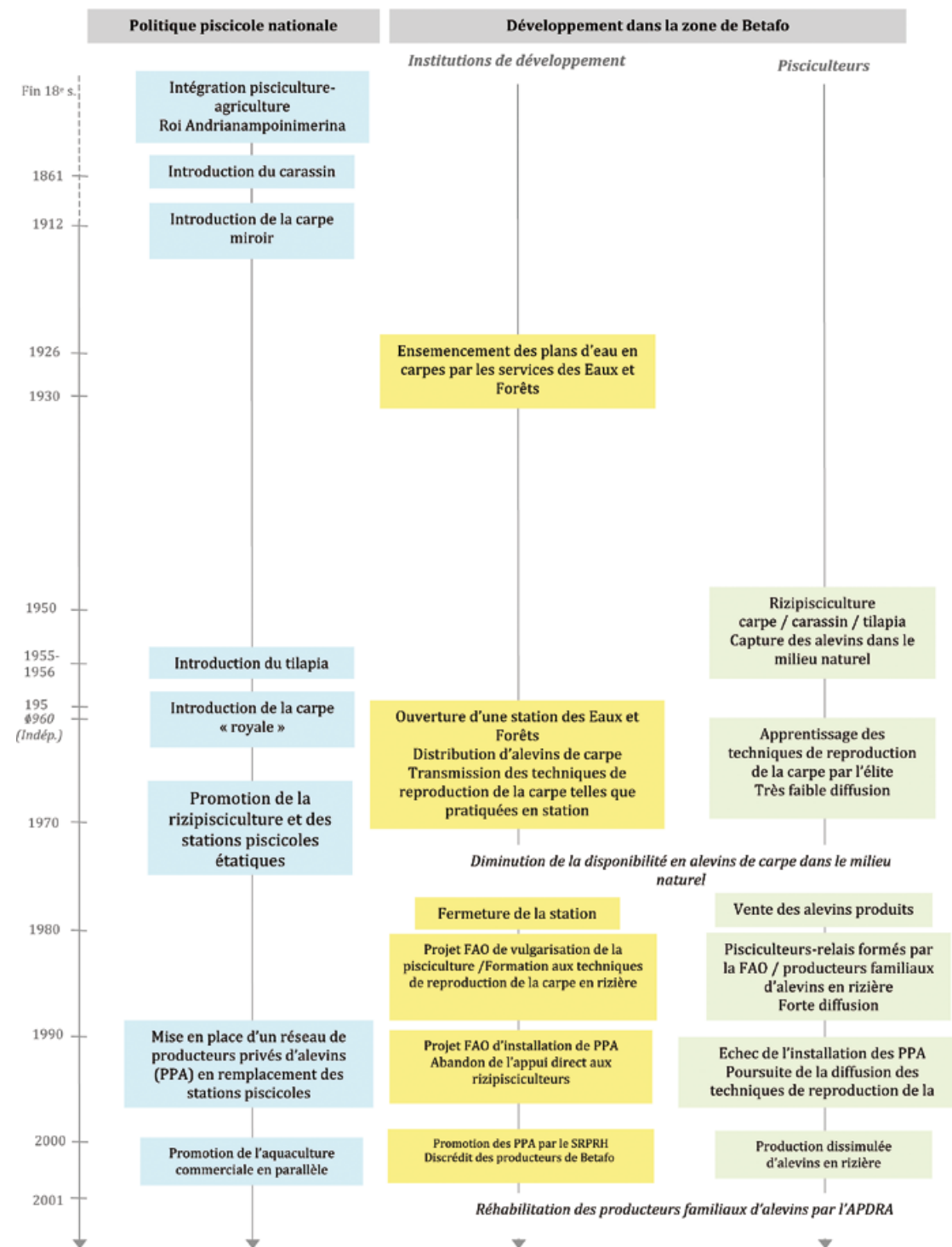


Figure 1 : Chronogramme synoptique de la diffusion de l'innovation

Figure 2 : localisation des producteurs de carpes enquêtés
(Seules figurent les exploitations dont les coordonnées GPS ont pu être vérifiées)

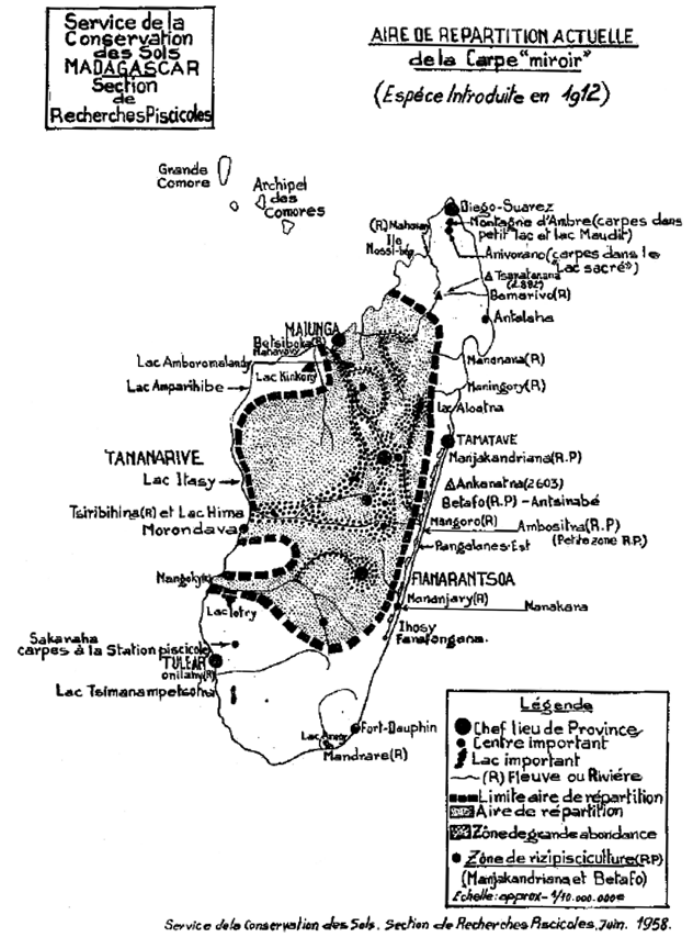


Figure 3 : Aire de répartition de la carpe à Madagascar en 1958. Reproduit de Kiener(1958)



(A) Miroir 1912 (carpe du lac Alaotra)



(B) « Royale » 1959



(C) Hongroise miroir
SZ215



(D) Hongroise écaillée SZ33

Figure 4 : Types de carpes introduits à Madagascar

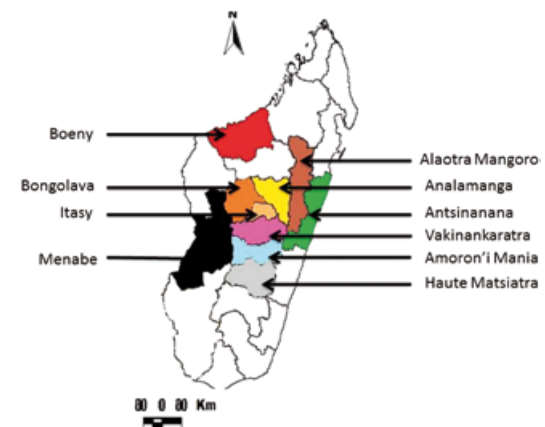


Figure 5 : Les 10 régions de l'île ayant fait l'objet de prélèvements génétiques de carpes communes

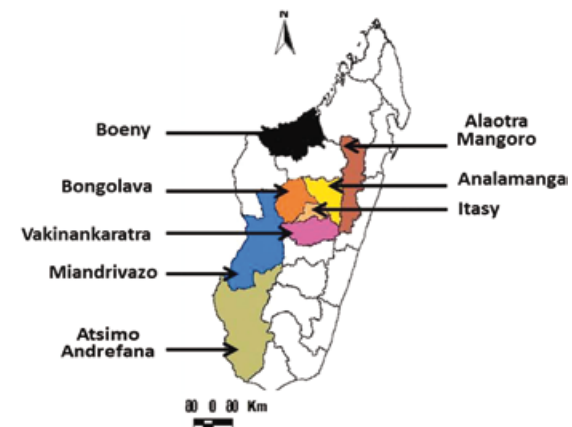


Figure 6 : Carte représentant les différents sites de prélèvements des échantillons de tilapia



Figure 7 : Prélèvement de nageoires de tilapia

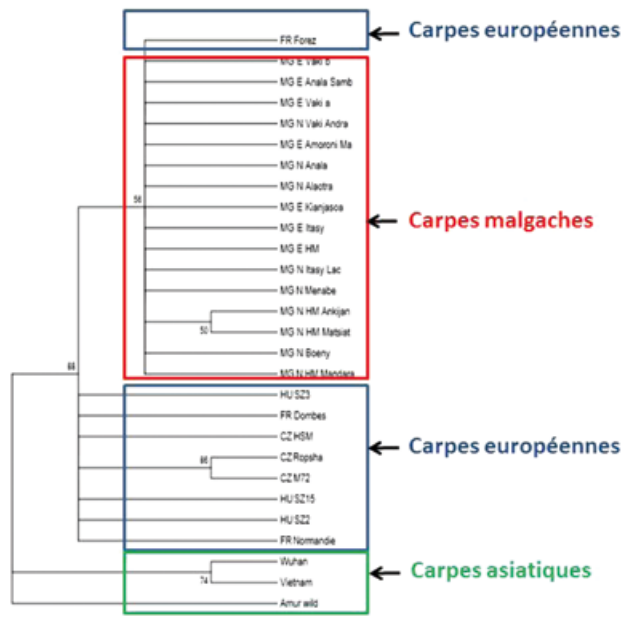


Figure 8 : Phylogénie (Neighbor-joining) de l'espèce *Cyprinus carpio* de Madagascar, d'Europe et d'Asie

Figure 9 : Analyse factorielle des correspondances des populations de carpes malgaches, françaises et hongroises basée sur 10 marqueurs

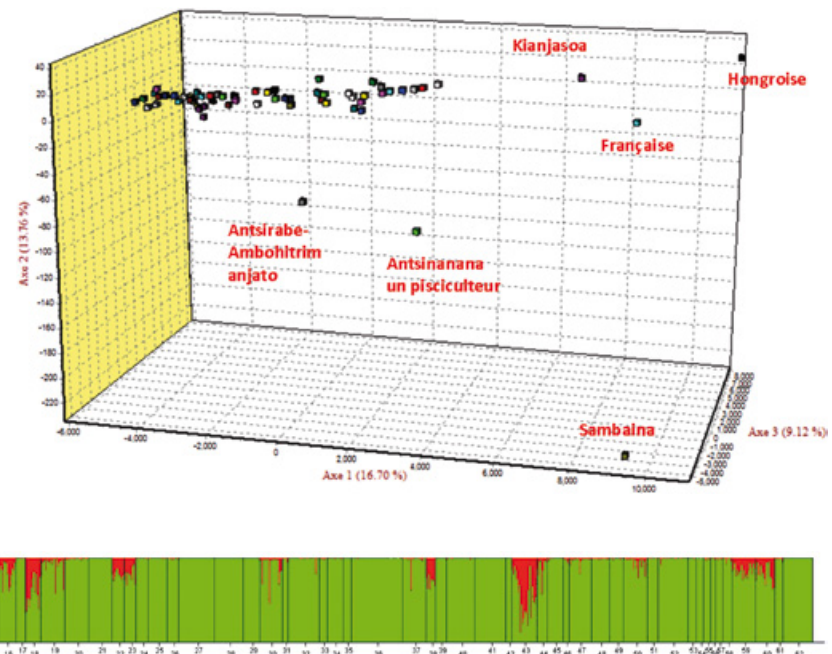


Figure 10 : Assignment des carpes malgaches à deux populations. Encadré rouge : populations de référence française (1) et hongroises (2, 3, 4). Encadré vert : populations malgaches. Les populations malgaches prélevées dans le milieu naturel sont toutes majoritairement issues de la même population (barres vertes), et une introgression de carpes hongroises (en rouge) significative est visible dans 19 populations (toutes d'élevage) sur 57. Les populations du milieu naturel malgache (5, 15, 17, 27, 28, 29, 41, 42, 62) sont toutes composées à plus de 98 % de la population ancestrale malgache (barres vertes)

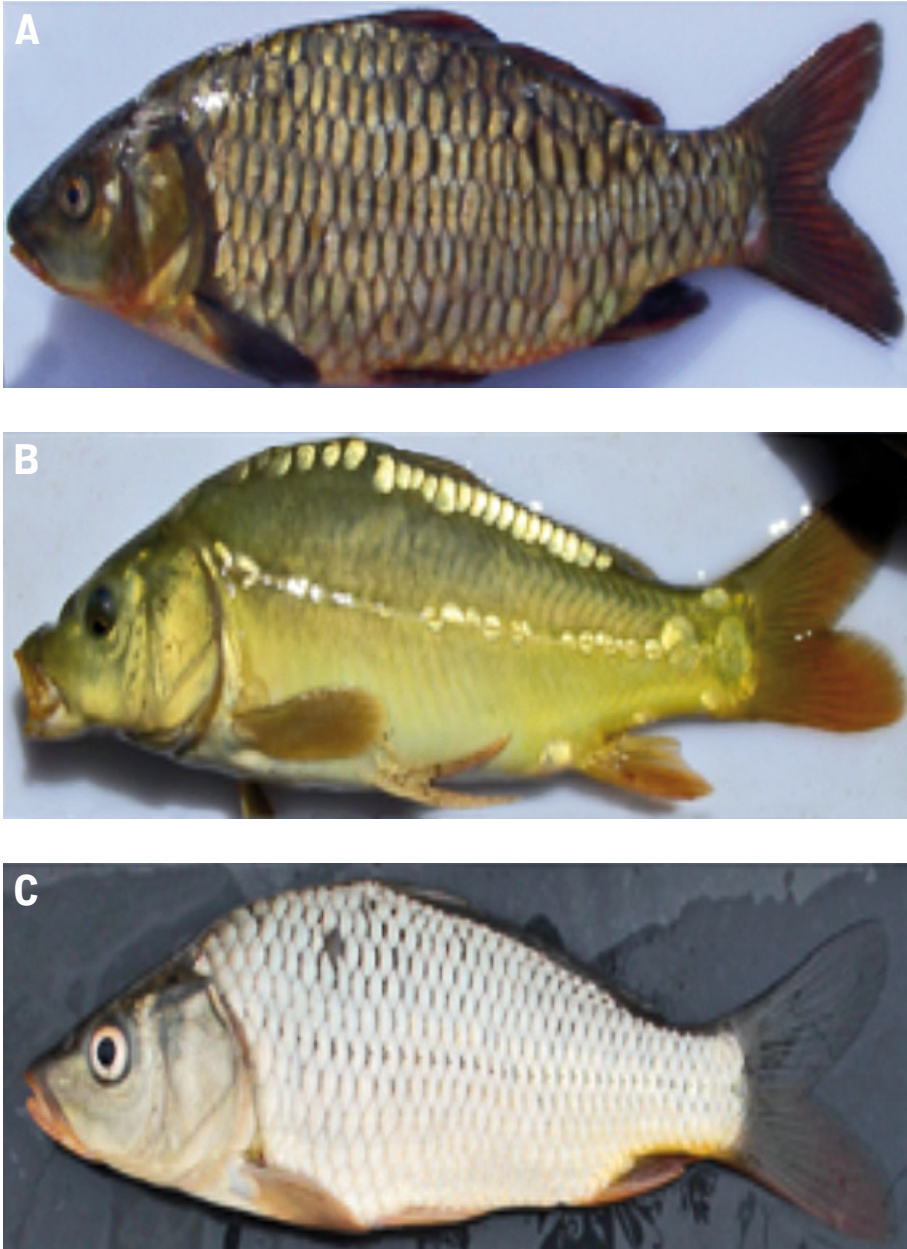


Figure 11 : Types d'écaillure rencontrés chez la carpe à Madagascar (A) « Néo-écaillée » du milieu naturel ; (B) miroir ; (C) Ecaillée d'élevage

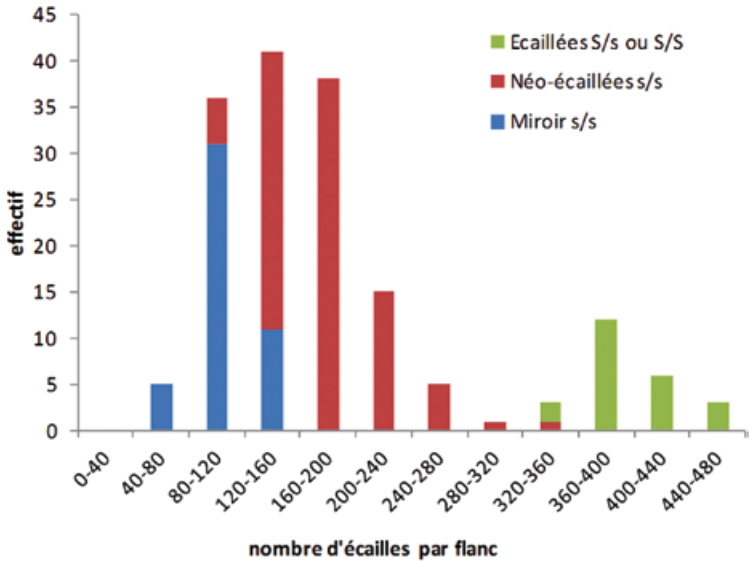


Figure 12 : Distribution du nombre d'écailles chez 165 carpes malgaches de différents phénotypes (écaillées, néo-écaillées et miroir) et génotypes (s/s, S/s et S/S)

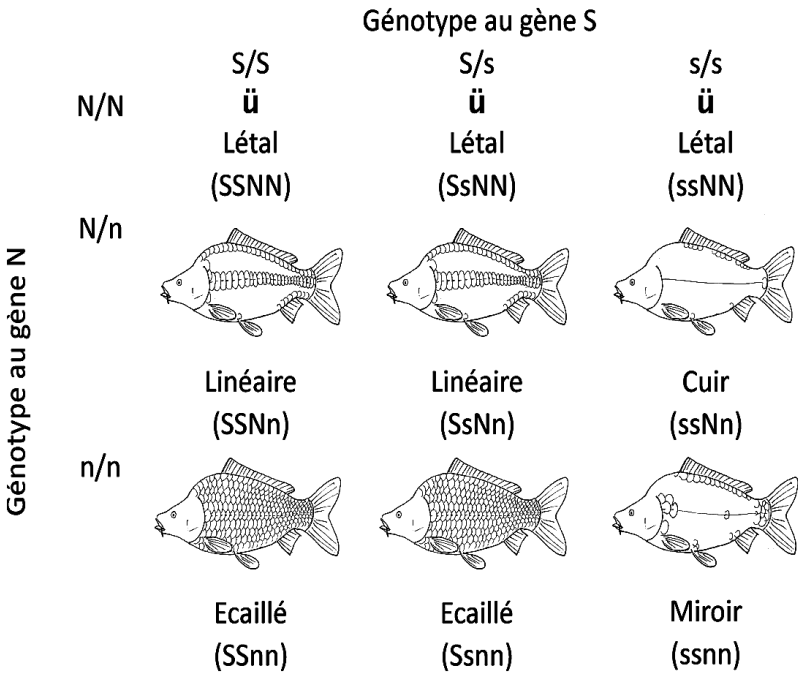


Figure 13 : Génotypes et phénotypes pour les différentes combinaisons alléliques des gènes d'écaillure de la carpe, Nu (N/n) et Scaly (S/s) - d'après Kirpichnikov (1981)

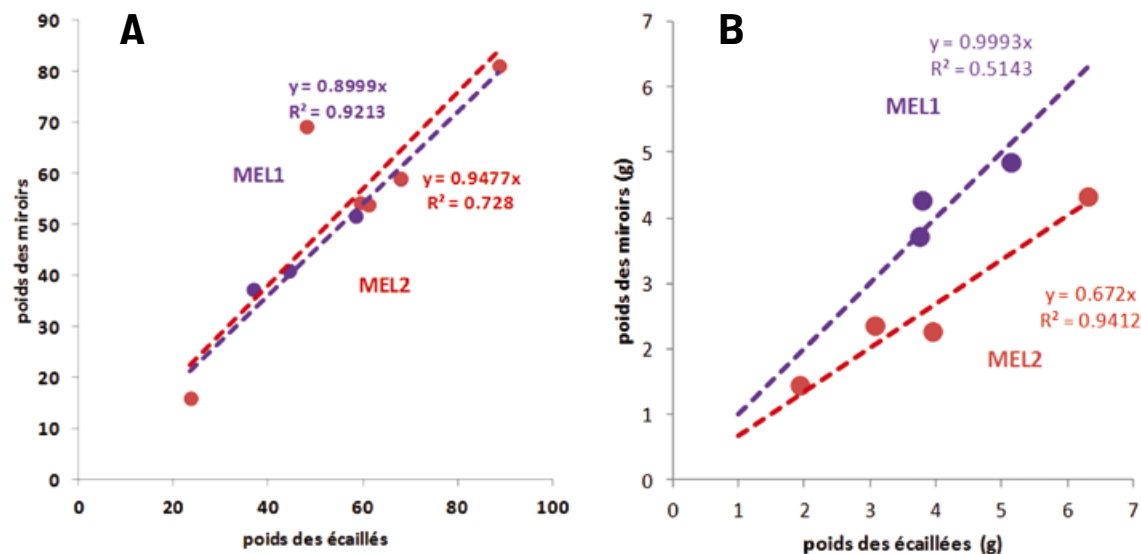


Figure 14 : Poids des lots « miroir » en fonction du poids des témoins écaillés du même étang
(A) en pré-grossissement dans 3 et 4 environnements différents pour, respectivement, MEL1 et MEL2 et
(B) en grossissement, dans 3 et 5 environnements différents pour, respectivement, MEL1 et MEL2. Durant le pré-grossissement le MEL 1 présente ici une performance meilleure que le MEL2 car comparativement au témoin interne écaillé, il est systématiquement plus gros que MEL 2, par contre ses performances sont équivalentes à l'autre mélange lors du grossissement

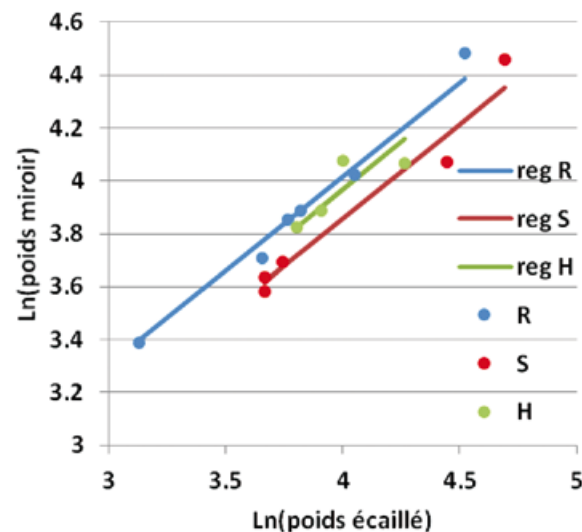


Figure 15 : Comparaison des poids en fin de grossissement (échelle logarithmique) de trois souches de carpes malgaches élevées en rizières et étangs
Les droites de régression montrent la performance attendue de chacune des souches en fonction de la performance du témoin

La maladie de Newcastle

The Newcastle Disease

A.H. RASAMOELINA^{1,2}
S. MOLIA³
N.P. RAZAFINDRAIBE²
D.E. ANDRIA-MANANJARA²
O.D. RAKOTOMANANA²
V. CHEVALIER³

(1) Département de Recherches Zootechniques et Vétérinaires, FOFIFA/CENRADERU, 101 Antananarivo, Madagascar
(2) Département Vétérinaire, Faculté de Médecine, Université d'Antananarivo, Madagascar
(3) UR AGIRs, Centre de Coopération Internationale de Recherche Agronomique pour le Développement (CIRAD), Montpellier France

Résumé

La maladie de Newcastle est une maladie virale des oiseaux, très contagieuse et présente partout dans le monde. Sa présentation clinique est variable. Elle se manifeste généralement par des signes respiratoires mais le tableau clinique peut être dominé par un abattement, des symptômes nerveux ou des diarrhées.

Historiquement, la maladie a été découverte en Indonésie en 1926 (Kraneveld, 1926). Mais elle a tiré son nom de la ville de Newcastle-on-Tyne en Angleterre, où elle est apparue en 1927 (Doyle, 1927). Cette maladie constatée dans le monde entier, est actuellement maîtrisée au Canada, aux Etats-Unis d'Amérique et dans certains pays de l'Europe occidentale. Elle persiste dans différentes régions d'Afrique, d'Asie et d'Amérique du Sud. Toutefois, étant donné que les oiseaux sauvages peuvent parfois être porteurs du virus sans contracter la maladie, des foyers peuvent apparaître partout où existent des élevages de volailles (OIE, 2016).

A Madagascar, elle constitue la cause la plus importante des mortalités aviaires, notamment chez les animaux non vaccinés. De nombreuses mesures de lutte s'imposent pour une meilleure production avicole.

Abstract

The Newcastle disease is a viral disease of birds, highly contagious and presents worldwide. Its clinical presentation is variable. It usually presents with respiratory signs but the clinical picture may be dominated by a depression, nervous symptoms or diarrhea.